INSECTES NUISIBLES des minoteries, des silos-élévateurs, des usines à provendes et méthodes de désinfestation

R.N. Sinha et F.L. Watters
Station de recherches
Winnipeg (Manitoba)

Direction générale de la recherche
Agriculture Canada

Publication 1776
1985

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada, K1A 0S9

N° de catalogue A43-1776-1985F
ISBN 0-660-91400-X

au Canada: $21.95
à l'étranger: $26.35

Prix sujet à changement sans préavis

Données de catalogage avant publication (Canada)

Sinha, R. N. (Ranendra Nath)

Insectes nuisibles des minoteries, des silos-élévateurs, des usines à provendes et méthodes de désinfestation

(Publication ; 1776F)

Publié aussi en anglais sous le titre: Insect pests of flour mills, grain elevators, and feed mills and their control.
Comprend des références bibliographiques et un index.

1. Céréales — Entreposage — Maladies et dommages. 2. Insectes, Lutte contre les. 3. Céréales — Entreposage — Maladies et dommages — Canada. 4. Insectes, Lutte contre les — Canada. I. Watters, F. L. (Frederick Lewis) II. Canada. Agriculture Canada. III. Titre. IV. Collection: Publication (Canada. Agriculture Canada). Français ; 1776F.

SB608.G6S514 633.1'0497 C85-097202-7F

Réviseur-éditeur : Denis Sabourin

Les recommandations de la présente publication sur l'usage des pesticides ne sont données qu'à titre d'indication. Toute application d'un pesticide doit être conforme au mode d'emploi inscrit sur l'étiquette du produit, aux termes de la *Loi sur les produits antiparasitaires*. **Il faut toujours lire l'étiquette**. Un pesticide homologué doit aussi être recommandé par les autorités provinciales. Les modes d'emploi recommandés pouvant varier d'une province à l'autre, consulter le représentant agricole de la province pour obtenir des conseils particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos 6

PREMIÈRE PARTIE Considérations d'ordre international 9

Chapitre 1 Le grain entreposé: un écosystème 10

Chapitre 2 Effets du climat sur les insectes infestant les denrées entreposées et indice de leur adaptabilité 19

Chapitre 3 Caractéristiques générales des insectes 42

Chapitre 4 Caractéristiques biologiques et écologiques des insectes ravageurs des denrées entreposées 47

Chapitre 5 Lutte contre les insectes des denrées entreposées par des moyens physiques et chimiques 60

Chapitre 6 Résistance des insectes aux insecticides 82

Chapitre 7 Modes d'application des insecticides et mesures de sécurité 85

DEUXIÈME PARTIE Canada 95

Chapitre 8 L'entreposage du grain au Canada 96

Chapitre 9 Analyse et interprétation des rapports d'inspection phytosanitaire 99

Chapitre 10 Analyse de l'utilisation des pesticides 178

Chapitre 11 Caractéristiques morphologiques, biologiques et écologiques de certains des insectes qui infestent les denrées entreposées 184

Bibliographie 245

Appendice I – Noms latins et communs des insectes infestant les denrées entreposées au Canada 258

Appendice II – Cartes de distribution des insectes ravageurs des denrées entreposées 261

Index par sujet 298

Index des taxons 306

AVANT-PROPOS

Les infestations d'insectes sont l'une des principales causes de la détérioration et de la baisse de la valeur marchande des denrées entreposées. En effet, quelle que soit l'efficacité des méthodes de gestion appliquées durant l'entreposage, la transformation et la distribution des denrées, ces dernières demeurent vulnérables aux attaques d'une ou de plusieurs espèces d'insectes parmi plus d'une centaine. Les données scientifiques dont nous disposons actuellement au sujet des ravageurs des denrées entreposées et des méthodes qui permettent de les éliminer sans danger intéresseront donc tous ceux qui ont pour tâche de prévenir les pertes après la récolte et de faire en sorte que les produits demeurent de qualité supérieure.

Le Canada est le deuxième exportateur de blé au monde, après les États-Unis; il occupe également une place importante pour ses exportations d'orge et d'oléagineux. Non seulement le climat tempéré et naturellement frais du Canada favorise la production de céréales et d'oléagineux de qualité supérieure, mais il assure aussi une assez bonne protection contre la plupart des grands ravageurs des denrées entreposées. Les produits canadiens expédiés vers les marchés étrangers y sont cependant exposés au cours du transport.

La Direction de la production et de la protection des végétaux d'Agriculture Canada s'applique à prévenir l'infestation du grain destiné aux marchés étrangers et à faire observer des normes d'hygiène supérieures dans les minoteries, les silos-élévateurs, les usines à provendes et les autres installations de transformation des céréales; pour ce faire, le Ministère a établi des procédures d'inspection strictes pour les silos-élévateurs, les minoteries et les bateaux. Les critères d'inspection, mis en œuvre au cours de la Seconde Guerre mondiale, permettent de vérifier si les installations satisfont aux normes sur la manutention et la transformation de produits exempts d'insectes.

Au Canada, les inspecteurs et autres représentants d'organismes de réglementation chargés de vérifier les conditions d'hygiène dans diverses installations examinent régulièrement les denrées destinées à l'exportation, mais il n'existe aucun ouvrage de référence complet qui pourrait les éclairer sur certaines questions, notamment: Quels sont les principes généraux qui nous permettraient de saisir dans son ensemble le problème de l'infestation des denrées entreposées, en tenant compte des différences qui existent entre insectes, acariens et microflore? Quels insectes trouve-t-on généralement dans les denrées entreposées dans les minoteries, les élévateurs et les usines à provendes du Canada? Quels sont les noms scientifiques et vernaculaires de ces insectes? Quelle est la fréquence des infestations selon la ville, la région, le produit, la saison? Quel est le moyen le plus efficace et le plus sûr d'éliminer les ravageurs des denrées entreposées? Quelles espèces ont acquis une résistance contre certains insecticides? Quels sont les insectes, de grande et moindre importance, qui ravagent les denrées entreposées dans le monde, et parmi ceux-ci, quels sont ceux qui peuvent causer des problèmes au Canada? Que sait-on des caractéristiques biologiques, des conditions limites et du taux de multiplication de ces ravageurs?

Le présent ouvrage permettra de trouver pour la première fois dans un même document des renseignements sur ces sujets. Il devrait se révéler très utile comme ouvrage de référence et comme manuel de formation pour les inspecteurs, les exterminateurs, les gestionnaires des minoteries et des silos-élévateurs et les diplômés universitaires au Canada ainsi que pour les responsables des installations d'entreposage et de transformation de denrées alimentaires ailleurs dans le monde. Étant donné que les insectes qui infestent le même genre de produits dans les mêmes conditions ont des besoins semblables, les répétitions ont été inévitables dans certains chapitres. Nous avons procédé ainsi par souci de clarté et pour éviter au lecteur d'avoir à consulter inutilement les autres chapitres.

L'ouvrage est divisé en deux parties.

La première (Considérations d'ordre international) traite de certains principes fondamentaux portant sur les caractéristiques écologiques et morphologiques des insectes, les méthodes de désinfestation et la résistance aux insecticides. Il s'agit de principes généraux dont l'application n'est limitée à aucun pays, milieu ou groupe d'insectes en particulier. Nous avons omis les illustrations et les descriptions détaillées de la morphologie et de la physiologie des insectes présentés, car ces renseignements sont donnés dans les traités d'entomologie usuels. Le lecteur trouvera cependant un sommaire complet des données connues sur l'écologie et la biologie de presque tous les grands ravageurs des produits entreposés du monde.

La seconde partie de l'ouvrage (Canada) traite des infestations d'insectes dans les installations de stockage du grain au Canada, autres que celles de la ferme et les silos-élévateurs primaires. Pour l'essentiel, cette partie repose sur l'analyse approfondie de rapports d'inspection signalant des infestations d'insectes et d'acariens. Ces rapports, qui couvrent une décennie, ont été préparés par les inspecteurs d'Agriculture Canada qui délivrent les certificats phytosanitaires pour le grain et les produits du grain destinés à l'exportation. Une description détaillée des dix espèces d'insectes les plus répandues dans les trois catégories d'installations d'entreposage considérées complète l'analyse. Deux autres insectes, *Trogoderma granarium* et *Tribolium madens*, sont également décrits en raison du traitement de quarantaine spécial qu'on prévoit dans leur cas au Canada. Le lecteur notera quelques contradictions apparentes dans la nomenclature scientifique entre le tableau 1 et l'Appendice I. Cette situation était inévitable, car pour faire une analyse informatisée des données, il fallait conserver les 94 espèces d'insectes et d'acariens mentionnées par les inspecteurs telles qu'elles figurent à l'Appendice I.

Dans les deux premiers chapitres, nous nous sommes inspirés essentiellement de deux articles présentés par R.N. Sinha à l'occasion de congrès internationaux. Le premier chapitre est tiré d'une communication présentée au Symposium international sur la conservation des grains récoltés humides, à Paris (France) du 3 au 10 mars 1973; le deuxième chapitre est extrait d'une communication présentée lors de la Première conférence internationale sur les insectes des denrées entreposées (*First International Working Conference of Stored-Products Entomology*) tenue à Savannah (Georgie) aux États-Unis, du 7 au 11 octobre 1974. Nous aimerions remercier l'organisateur du Symposium (J.L. Multon) et celui de la Conférence (R. Davis) pour leur autorisa-

tion de reproduire une partie de ces communications. Les données sur la résistance des insectes des denrées entreposées aux insecticides (tableau 2) sont tirées de documents publiés par C.E. Dyte et L. Zettler ou ont été obtenues au cours d'entretiens avec ces mêmes auteurs.

Dans certains cas, les données sur la biologie et l'écologie publiées dans le chapitre 11 diffèrent de celles qu'on trouve au tableau 1 parce qu'elles sont tirées de sources différentes ou ont été obtenues dans des conditions expérimentales diverses.

L'usage de certains fumigants mentionnés dans le chapitre 5 et les suivants a été interdit au Canada depuis la présentation de ce texte. Ce sont le tétrachlorure de carbone, le disulfure de carbone, le bichlorure d'éthylène et le dibromure d'éthylène. De plus, on étudie actuellement la possibilité d'interdire les autres fumigants. Leur description a été laissée intacte dans le texte aucune décision n'ayant encore été prise à leur égard. Les auteurs ont terminé le relevé des sources documentaires qui ont servi à la préparation du présent ouvrage en juin 1983.

Nous voudrions remercier certains de nos confrères pour l'aide qu'ils nous ont apportée lors de la préparation du manuscrit et de la révision de certaines parties; il s'agit des personnes suivantes: R.T. Arbogast, A.M. Babey, le regretté J. Benazet, E. Baker, E.J. Bond, Y. Bousquet, J.H. Brower, C. Demianyk, P. Dobie, F. Dunkel, C.E. Dyte, P.K. Harein, G. Hart, R. Hodges, O. Imura, P.T.M. Lum, J.T. Mills, R.B. Mills, D. Ostrowski, A. Schmidt, L.B. Smith et V. Wright; R. Sims et H. Weiss ont préparé certaines des illustrations et M. Malyk et N. Warwick nous ont aidés dans la recherche bibliographique. Nous voudrions remercier tout spécialement D.G. Dorrell, S.R. Loschiavo et N.D.G. White et F. Smith, qui ont revu le manuscrit au complet, S. Boulanger pour la traduction, et C. Letain et D. Shears qui ont eu la patience de dactylographier les diverses versions du manuscrit. Précisons que cet ouvrage n'aurait pas vu le jour sans les encouragements constants de D.G. Dorrell, le directeur de la station de recherches.

Finalement, nous voudrions remercier nos épouses respectives, Luella Sinha et Dorothy Watters, pour la patience et la compréhension dont elles ont fait preuve durant la préparation du présent ouvrage.

Première partie
Considérations d'ordre international

CHAPITRE 1 LE GRAIN ENTREPOSÉ: UN ÉCOSYSTÈME

Les céréales ou les oléagineux entreposés à leur état naturel ou après transformation dans un silo-élévateur, une minoterie, une usine à provendes ou un entrepôt, s'intègre à un système écologique ou écosystème. Un écosystème est un milieu défini arbitrairement où le transfert énergétique et le cycle chimique sont nettement ordonnés. Un petit étang ou un aquarium constituent, avec les poissons et les plantes qui y vivent, des écosystèmes. Il faut bien comprendre la structure et la fonction de l'écosystème pour être en mesure d'établir un plan d'action à long terme sur l'entreposage des céréales. La détérioration du grain entreposé peut être graduelle ou soudaine, masquée ou manifeste, superficielle ou étendue, tout dépendant de la rapidité et de l'intensité des interactions entre les facteurs physiques, chimiques et biologiques de l'écosystème. Au nombre des facteurs les plus importants, mentionnons: la température, l'humidité, la concentration d'oxygène et de dioxyde de carbone, le lieu et les installations d'entreposage, la variété céréalière ou oléifère, le volume entreposé, les propriétés du grain ou de l'aliment, la microflore, les insectes, les acariens, les rongeurs et les oiseaux. S'il est vrai que le grain en entreposage subit l'action d'un grand nombre de facteurs, il est toutefois rare qu'ils agissent isolément ou qu'ils agissent tous en même temps. Ils se succèdent et, à l'intérieur d'un groupe de facteurs, agissent les uns sur les autres. En général, la détérioration est lente au début, mais si certains facteurs sont réunis pendant une période d'entreposage prolongée, la qualité du grain baisse de façon notable. La maturation de céréales comme le blé se poursuit après la récolte et s'accompagne de changements complexes dont l'effet stabilisateur est primordial; ces changements sont favorisés lorsque l'humidité est inférieure à 14 % et que la température se situe entre 15 °C et 45 °C.

Les interactions entre le grain et les organismes dans l'écosystème du grain entreposé commencent dans le champ, avant même la récolte. L'énergie alimentaire que renferme le grain (env. 344 cal/100 g de blé) constitue une réserve non renouvelable dans un écosystème fermé; l'action des agents biotiques et non biotiques a généralement pour effet d'amenuiser cette réserve énergétique.

Depuis près de 10 000 ans, l'homme entrepose des céréales dans le dessein de s'en servir plus tard pour sa propre alimentation ou pour celle de son bétail. Les glucides, lipides, protéines, minéraux et vitamines que renferme le grain lui sont essentiels et il ne les partage pas volontairement avec d'autres formes vivantes. Mais en réalité, il est fréquent que ces produits alimentaires profitent à d'autres qu'à l'homme.

L'agriculteur peut perdre de bien des façons les produits alimentaires qu'il a entreposés. Dans le cas des céréales, par exemple, il peut y avoir perte de poids, de valeur nutritive (qualité, composition chimique, teneur en eau, impuretés et degré d'infestation) et de pouvoir germinatif. De plus, la baisse de qualité des céréales peut nuire considérablement à la réputation d'un pays exportateur. Dans la plupart des cas, ces pertes se traduisent directement ou

indirectement par une baisse de revenu et ont des répercussions socio-économiques et politiques considérables.

Certes, l'homme moderne a recours à divers moyens comme le séchage du grain et l'application de pesticides pour réduire ces pertes, mais ce ne sont pour la plupart que des pis-aller. On ne réussit que rarement à éliminer de façon satisfaisante les organismes qui ravagent le grain entreposé.

Normalement, plusieurs facteurs biotiques et non biotiques contribuent, suivant différentes combinaisons, à la détérioration du grain entreposé. Mentionnons entre autres les changements physiques et biochimiques qui se produisent durant l'entreposage, les températures et les taux d'humidité extrêmes, le développement de la microflore, la multiplication des insectes et des acariens, les ravages des rongeurs et des oiseaux, l'emploi d'installations ou de contenants impropres à l'entreposage et la mauvaise gestion par l'homme qui entraîne des pertes quantitatives et qualitatives.

Ces pertes pourraient s'expliquer par les réalités socio-économiques. En effet, ce sont les pratiques économiques, politiques et traditionnelles d'un pays qui déterminent en grande partie les façons culturales, les modes d'entreposage, de manutention et de transport ainsi que les techniques de mise en marché qui y ont cours. Les scientifiques n'ayant habituellement aucune influence sur ces facteurs, toute solution technique envisagée pour corriger de façon durable les problèmes de l'entreposage du grain doit être adaptée au contexte socio-économique particulier du pays en cause. Du point de vue scientifique, les pertes qui se produisent encore durant l'entreposage dans les pays modernes sont en partie le résultat de la politique de courte vue, souvent unidisciplinaire, adoptée jusqu'ici pour résoudre les problèmes d'entreposage du grain. Il nous faut d'urgence une banque internationale de renseignements sur l'écologie du grain entreposé et de ses ravageurs. Cette source d'information pourrait être le fondement d'une stratégie mondiale sur la préservation du grain entreposé.

Au cours de l'entreposage, le grain, ou toute autre denrée alimentaire, est dans un état dynamique, bien que le terme *entreposage* évoque l'immobilité, l'état statique. Le grain de céréale est une entité dotée de toutes les propriétés d'un organisme vivant et, dès lors, on ne saurait le considérer comme un objet inanimé. Bien que la graine entreposée soit vivante, certaines de ses activités métaboliques sont interrompues, principalement parce qu'elle demeure dans un état de dormance dans l'écosystème de l'entrepôt. Les organismes qui s'attaquent ou s'associent aux produits alimentaires entreposés sont également vivants et agissent fréquemment les uns sur les autres durant l'entreposage. Pour parvenir à gérer ces denrées d'une façon qui serve ses intérêts à long terme, l'homme doit connaître à fond les mécanismes de dégradation qui interviennent et apprendre à les modifier à son gré.

Bien qu'ils arrivent vivants ou en bon état à l'entrepôt, tous les produits alimentaires se dégradent progressivement et perdent de leur qualité durant l'entreposage. Une bonne gestion vise à ralentir ou à stopper temporairement ce processus de détérioration. La décomposition est une caractéristique fonctionnelle de l'écosystème du grain entreposé (ou écosystème de l'entrepôt) et non un incident isolé imputable à un ou deux

agents biotiques ou non biotiques. Dans le passé, la plupart des programmes de gestion de produits alimentaires mettaient l'accent sur un ou deux organismes dommageables. Ainsi les gestionnaires d'entrepôts se sont souvent attaqués aux causes bactériologiques de la dégradation des denrées, sans se préoccuper des champignons, insectes et acariens qui participaient également à ce processus. Selon le type de milieu considéré, les coléoptères de la farine peuvent être aussi importants et justifier autant l'intérêt du gestionnaire que les bactéries coliformes ou les *Salmonella*. Cependant, lorsqu'un substrat alimentaire passe d'une niche, caractérisée par une combinaison humidité-température-temps particulière, à une autre niche, un groupe particulier de ravageurs supplante les autres qui dominaient auparavant. Le défi pour le gestionnaire d'entrepôt consiste à conserver une vue d'ensemble du processus de dégradation, même si à certains moments un seul organisme domine.

Pour avoir cette vue d'ensemble, il faut connaître certains concepts et certaines définitions propres à l'écologie et adopter l'approche écologique pour élaborer et appliquer les mesures destinées à protéger les produits alimentaires entreposés. Sans cette approche, bien des mesures pourraient n'avoir que des résultats temporaires, même si on les a soigneusement appliquées et qu'elles semblent efficaces.

L'écologie est l'étude systématique des interactions entre les plantes, les animaux et l'environnement; l'environnement, c'est l'ensemble des éléments non vivants qui déterminent l'abondance et la distribution des organismes vivants. Au point de vue de l'industrie alimentaire, ces organismes sont généralement nuisibles pour l'homme, car ils provoquent la détérioration des aliments qui, dans le cas des céréales et des oléagineuses, sont eux-mêmes des organismes vivants.

L'écologiste est amené à travailler avec un ou plusieurs des niveaux d'organisation suivants: individu, population, communauté, écosystème, biome ou biosphère. L'énergie nécessaire à la vie passe par tous ces niveaux. Le rayonnement solaire est la source d'énergie la plus importante pour l'homme et la seule qui lui soit directement accessible. L'énergie solaire est mise à profit au cours de la photosynthèse chez la plante verte (autotrophe) pour transformer le CO_2 en composés carbonés riches en énergie. En outre, les plantes tirent, dans les réserves énergétiques et minérales du sol, des éléments nutritifs qu'elles assimilent et qui sont remis en circulation au cours du cycle biogéochimique. Au niveau trophique le plus bas on trouve la plante, le blé par exemple, qui élabore ses propres substances organiques, le véritable producteur d'énergie alimentaire; au deuxième niveau, c'est l'organisme hétérotrophe, qui se nourrit d'autres organismes, le consommateur, comme la vache ou l'insecte. À chaque niveau, il y a une perte considérable d'énergie due à la respiration ou à d'autres fonctions métaboliques. Un écosystème comporte deux, trois, quatre ou cinq niveaux trophiques, selon la stabilité des relations qui interviennent. Le transfert ordonné de l'énergie est crucial pour la survie, la propagation et la décomposition de tous les organismes vivants.

Les définitions suivantes sont utiles pour l'élaboration d'une approche écologique à la gestion des denrées alimentaires.

population: Groupe d'organismes de la même espèce occupant un espace donné, à un moment donné.

communauté: Groupes de populations de plantes et d'animaux co-existants et interdépendants vivant dans un lieu donné; l'importance et le degré d'intégration de chacun des groupes sont variables.

écosystème: La communauté vivante et l'environnement inanimé. Par exemple, la microflore, les insectes et les acariens qui vivent ensemble dans un lieu et qui réagissent aux changements de température et d'humidité relative de l'air. L'écosystème peut aussi être défini comme un ensemble de biosystèmes interpénétrants.

biosystème: Le biosystème est un concept d'ordre pratique. C'est la composante de l'écosystème qui détermine l'existence, l'abondance et l'évolution d'une population. Il se compose d'une population et de son environnement effectif, soit tous les facteurs externes qui agissent sur elle. Un ensemble de biosystèmes interpénétrants constitue un écosystème.

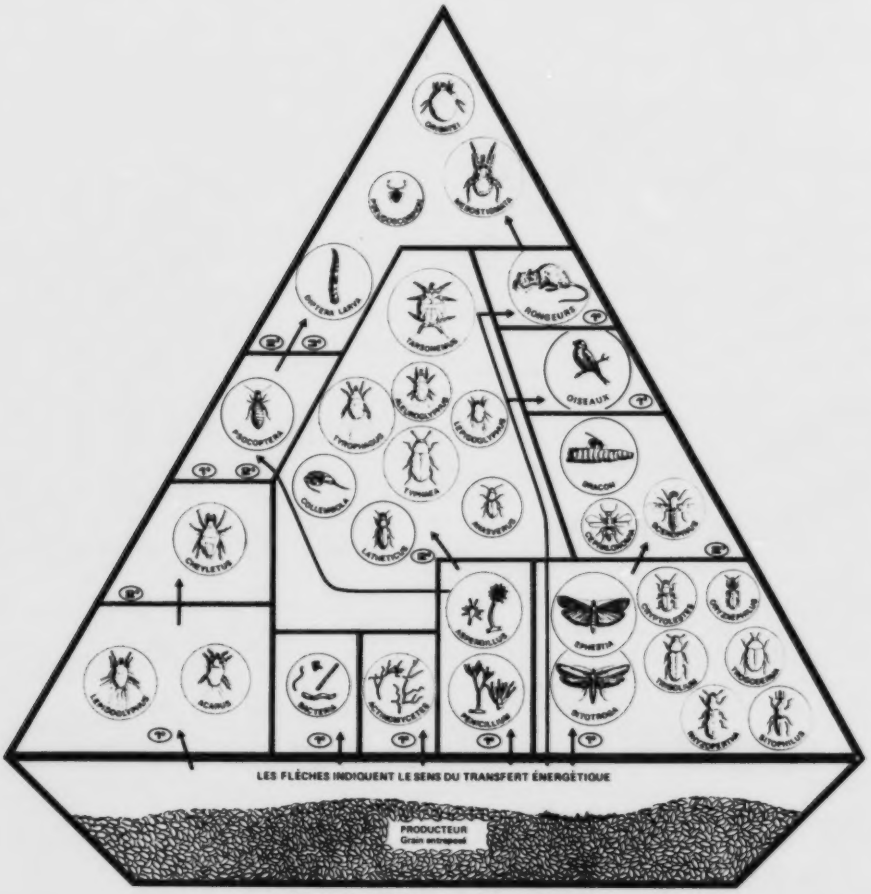
Dans le présent chapitre, nous nous intéresserons surtout aux niveaux d'organisation de la communauté et de l'écosystème. L'écosystème est évalué d'après son degré de maturité, sa structure, sa fonction et la quantité d'énergie qui y circule. S'il n'est pas perturbé, son degré de maturité augmente avec le temps. On dit d'un écosystème qu'il est « plus mature » lorsqu'il est relativement stable et qu'il comporte une grande diversité d'espèces formant des réseaux alimentaires où abondent les interactions; c'est le cas des récifs de coraux et des forêts pluviales tropicales. On dit d'un écosystème qu'il est « moins mature » lorsque le réseau alimentaire est peu complexe, que les espèces sont peu diversifiées et que la succession ne comporte que quelques étapes; c'est le cas des grandes terres agricoles. Les espèces ne sont pas très spécialisées et bien des populations disparaissent lorsque les facteurs non biotiques sont défavorables. Bien que les populations puissent se reconstituer rapidement, il se peut que les conditions météorologiques et divers facteurs externes empêchent les communautés de ces écosystèmes d'atteindre un degré de maturité avancé.

La succession des espèces et le transfert énergétique jouent un rôle important dans l'évolution de l'écosystème. Dans les communautés que rien ne vient perturber, la succession favorise la diversification des espèces, l'homéostasie et la stabilité, ce qui assure une protection contre les effets néfastes des perturbations du milieu. Le concept de la maturité de l'écosystème, maturité se traduisant en termes de succession d'espèces et de transferts énergétiques, constitue une excellente hypothèse de travail pour expliquer la structure et la fonction des écosystèmes créés par l'homme tels que celui du grain entreposé.

Structure du réseau alimentaire et transfert énergétique dans l'écosystème du grain entreposé

Pour comprendre l'écologie de l'entreposage, il faut considérer la masse de grain entreposé comme un système écologique ou écosystème où les

facteurs non biotiques, c'est-à-dire l'environnement physico-chimique, et les facteurs biotiques, c'est-à-dire l'ensemble de la flore et de la faune, agissent les uns sur les autres (fig. 1). Une masse de grain est un écosystème immature fabriqué par l'homme dont la structure est relativement simple et dont les réserves énergétiques ne sont pas renouvelables. L'énergie captée par la plante céréalière, le « producteur », est concentrée dans les graines entreposées; elle entretient la vie dans cet écosystème simple. Parce qu'il est fréquemment perturbé par des facteurs physiques ou par l'homme, cet écosystème est instable.



RÉSEAU ALIMENTAIRE DU GRAIN ENTREPOSÉ
Consommateurs des premier (1°), deuxième (2°) et troisième (3°) niveaux trophiques

Fig. 1 Schéma du réseau alimentaire mettant en relation les divers organismes végétaux et animaux qu'on trouve dans le grain et ses dérivés en entreposage; les flèches donnent le sens du transfert énergétique et les chiffres donnent le niveau trophique.

Seules les espèces peu spécialisées à taux de croissance et de reproduction élevés y semblent bien adaptées. La quantité d'énergie que renferme une unité de biomasse est relativement élevée. Au contraire des écosystèmes naturels matures et stables tels que la forêt tropicale ou la prairie, les relations au sein même des éléments biotiques et entre ceux-ci et les éléments non biotiques sont imprécises et souvent trop transitoires pour qu'on puisse les quantifier et les définir. Malgré tout, ces écosystèmes artificiels sont des ressources précieuses pour l'homme. À moins d'en comprendre la dynamique fondamentale, on ne peut espérer les exploiter pleinement et élaborer des méthodes efficaces pour les gérer.

Dans le grain entreposé, le transfert énergétique, c'est-à-dire le cheminement de l'énergie dans la chaîne alimentaire, depuis les graines jusqu'aux niveaux trophiques supérieurs, se conforme aux principes fondamentaux de la thermodynamique: rien ne se perd, rien ne se crée, mais l'énergie peut être transformée; et en pratique, l'énergie ne peut être complètement convertie en une forme différente sans qu'il y ait une perte aléatoire par dissipation. À chaque transfert entre les deux à cinq « niveaux trophiques » d'un écosystème, une grande partie de l'énergie potentielle est perdue sous forme de chaleur. Chaque fois qu'un organisme respire, il y a production de chaleur à cause de l'oxydation qui donne lieu à la libération de CO_2. Ainsi, une culture de moisissure de deux jours libère 1750-1870 mg de CO_2/g de matière sèche en 24 heures, tandis que durant la même période, la respiration d'un grain de blé sec produit moins de 0,1 mg. On estime que les charançons libèrent 130 000 fois plus de CO_2 que le même poids de grain. La figure 1 illustre les réseaux constitués par l'interconnection de diverses chaînes alimentaires dans une masse de grain entreposé depuis longtemps. Seuls quelques grands organismes représentatifs y sont mentionnés. Le premier niveau de « consommateurs » comporte notamment: les champignons des genres *Aspergillus* et *Penicillium*, des actinomycètes et des bactéries: ces organismes non seulement tirent toute leur nourriture du grain, mais produisent aussi des substances toxiques; des Coléoptères granivores comme *Sitophilus*, *Rhyzopertha*, *Trogoderma*, *Oryzaephilus*, *Tribolium* et *Cryptolestes*; des papillons comme *Sitotroga*, *Ephestia* et *Plodia*; des acariens et des glycyphages; des rongeurs comme le rat (*Rattus*) et la souris (*Mus*) et des oiseaux comme le moineau et le pigeon.

Les consommateurs microbiens (« décomposeurs ») ne peuvent se multiplier et décomposer la matière organique que s'ils disposent d'une source de matières nutritives dans laquelle le rapport carbone-azote se situe entre 15:1 et 30:1. Dans la plupart des céréales, le rapport carbone-azote se situe dans les limites optimales pour l'activité microbienne (blé: 15:1-26:1; orge: 18:1; avoine: 20:1 et riz: 25:1).

Même si le substrat leur convient, la plupart des micro-organismes (à l'exception de certaines espèces du genre *Aspergillus*) demeurent inactifs si les céréales ne contiennent pas suffisamment d'eau (humidité relative de 70 % et plus pour la plupart des champignons et des actinomycètes et de 90 % et plus pour la plupart des bactéries). Par ailleurs, si la graine est abîmée, l'infestation par les champignons sera facilitée. Les insectes consommateurs du premier niveau endommagent les graines et de ce fait ouvrent la voie à

diverses espèces de la microflore ainsi qu'aux insectes et aux acariens du deuxième niveau. De plus, en raison des produits d'excrétion azotés et de l'humidité issue du métabolisme des insectes, le rapport carbone-azote et l'humidité deviennent encore plus favorables à la croissance des microbes, ce qui facilite davantage les infections microbiennes. Les rongeurs et les oiseaux, en qualité de consommateurs du premier niveau, mangent non seulement une bonne quantité de céréales, mais en souillent encore plus de leurs excréments, leurs poils et leurs plumes. La plupart des acariens et des psocidés se nourissent des débris de graines et des champignons qui s'y développent. Toutefois, *Acarus siro*, qui se nourrit directement des germes de blé et qui se multiplie abondamment, est plus un consommateur du premier niveau que du second.

Les consommateurs du premier niveau produisent à leur tour la matière nutritive dont se nourrissent ceux du deuxième niveau. Au nombre de ces derniers mentionnons les oiseaux insectivores et les rongeurs, les insectes mycophages (*Ahasverus*, *Latheticus*, *Typhaea*) et les acariens mycophages (*Tarsonemus*, *Caloglyphus*, *Tyrophagus*, *Aleuroglyphus*) qui se nourrissent des champignons qui se propagent dans le grain. Le deuxième niveau comprend aussi d'autres acariens et insectes prédateurs et parasites, *Cheyletus* et *Spinibdella*, qui se nourrissent d'acariens, les guêpes parasites comme *Bracon* et *Cephalonomia*, qui mangent des larves de papillons et de Coléoptères, et les acariens du genre *Blattisocius* qui se nourrissent d'*Ephestia*. Au troisième niveau, on trouve notamment des larves de diptères qui parasitent les rongeurs et les oiseaux, des pseudo-scorpions et les acariens des types tydéidé et mésostigmatidé. Comme les besoins nutritifs de bon nombre d'insectes et d'acariens nous sont encore inconnus, il est difficile de distinguer les consommateurs du troisième niveau de ceux du deuxième. Les excréments des consommateurs du premier niveau, siège d'une croissance microbienne abondante, servent également de nourriture à certains consommateurs (coprophages) des deuxième et troisième niveaux. Le cadavre de divers animaux est également une source d'éléments nutritifs pour la microflore de décomposition. L'azote ainsi que d'autres éléments nutritifs essentiels sont recyclés d'un organisme à l'autre. Ce recyclage rend graduellement le grain impropre à la consommation humaine.

Rôle des communautés d'insectes et de la microflore dans l'écosystème

On comprend mieux le rôle des insectes lorsqu'on considère ceux-ci comme une composante de la communauté entomologique. L'écologie de la communauté est l'étude de la structure spécifique (composition, diversité), de la succession des espèces ou des groupes d'espèces et de la compétition (inter-spécifique et intra-spécifique).

Les divers insectes qui, dans le monde, s'attaquent à des céréales ou des denrées alimentaires entreposées relativement sèches (humidité de plus de 10 %) par une température variant de 15 °C à 42 °C forment l'une des communautés les mieux adaptées à l'écosystème de l'entrepôt. Originaires des

régions tropicales ou subtropicales, la plupart des insectes ravageurs des denrées entreposées n'hibernent pas et ne survivent dans les régions plus froides du monde que parce qu'ils trouvent ou créent un environnement qui leur est favorable dans les denrées entreposées en vrac ou dans les installations de vente au détail. Le cas décrit ci-dessous illustre les relations entre les facteurs biotiques et non biotiques au sein des communautés animales (insectes) et végétales (microflore) qui se forment dans les écosystèmes infestés par des insectes.

En 1969 et 1970, on a mesuré mensuellement certains des paramètres biotiques et non biotiques de dix entrepôts de blé en vrac soumis aux conditions extrêmes du climat de la prairie canadienne. Outre l'écosystème témoin, non infesté, un certain nombre d'écosystèmes ont été artificiellement infestés par *Cryptolestes ferrugineus* et *Oryzaephilus surinamensis*, tandis que les autres l'ont été par *Sitophilus granarius* et *Tribolium castaneum*. On a recueilli mensuellement des données sur les paramètres suivants: température, humidité, viabilité et poids du grain, poids de la poussière, espèces de microorganismes et d'insectes, enfin, teneur en acide gras et en acide urique; les données ont été analysées séparément au moyen des méthodes statistiques habituelles d'analyse descriptive et d'analyse à plusieurs variables (analyses des composantes principales). Les résultats nous indiquent clairement les voies par lesquelles s'accomplit la dégradation biologique et chimique du grain dans ces écosystèmes. Dans l'écosystème témoin, le champignon *Alternaria alternata* se faisait moins abondant, tandis que les populations d'*Aspergillus versicolor* et de *Penicillium* spp. augmentaient, ce qui a probablement entraîné une légère baisse du poids du grain et une hausse modérée de sa teneur en acide gras. Dans le deuxième écosystème, *Cryptolestes* et *Oryzaephilus* se sont peu attaqués aux grains en bon état; ils ont cependant pollué le milieu de leurs excréments et de leurs restes et ont apparamment accéléré les processus de dégradation observés dans l'écosystème témoin. Dans le troisième écosystème, *Sitophilus* et *Tribolium* ont prospéré et leur présence, en plus d'accélérer davantage la dégradation, a déclenché d'autres processus délétères, dus notamment à la grande quantité de chiures qu'ils ont produites et à des infestations de *Streptomyces* et de bactéries.

Cette étude a montré que le temps et les facteurs physiques (surtout la température) ont une influence dominante sur les écosystèmes, infestés ou non, et plus particulièrement sur l'écosystème infesté par *Cryptolestes* et *Oryzaephilus*, qui n'était que légèrement influencé par les changements dans la microflore et la teneur en acide gras libre. Toutefois, ces deux insectes ont pollué le blé en excrétant de l'acide urique. Dans le cas du grain infesté par *Sitophilus* et *Tribolium*, c'est l'humidité issue du métabolisme des insectes qui était dommageable. En effet, ce surplus d'humidité dans l'écosystème a accéléré la multiplication des *Aspergillus*, *Penicillium* et *Streptomyces* ainsi que des bactéries. Essentiellement, il ressort de cette analyse que lorsque l'humidité est favorable, c'est la température qui détermine la survie et la multiplication des insectes dans les denrées entreposées dans les provinces de la prairie canadienne.

Finalement, trois grandes caractéristiques communes aux diverses espèces d'insectes qui attaquent les denrées entreposées nous éclairent sur le processus

d'infestation: adaptabilité à différents types de sociétés, de cultures et de civilisations humaines; multiplication rapide; et possibilité de se nourrir d'une grande variété de denrées alimentaires traitées ou à l'état naturel. Si l'on tient compte de ces concepts fondamentaux et de ces caractéristiques, applicables à tout être vivant, lorsqu'on se penche sur la conservation des céréales ou autres denrées traitées entreposées, on peut mieux comprendre le problème des pertes de matières nutritives et adopter une stratégie à long terme qui soit efficaces.

Approche écologique à la gestion des organismes nuisibles et à l'entreposage des denrées alimentaires

Les principes de l'écologie moderne, appliqués à la conservation du grain entreposé, peuvent être mis à profit pour prévenir ou enrayer les infestations d'insectes et améliorer la gestion des minoteries (farine de panification et aliments pour le bétail) et des élévateurs. Selon l'approche écologique, le gestionnaire peut contrôler à intervalles réguliers divers facteurs susceptibles de provoquer la dégradation des denrées entreposées, depuis le moment de leur arrivée à l'entrepôt jusqu'à ce qu'elles soient transférées, vendues ou consommées. Au nombre des facteurs qui agissent sur les denrées entreposées, mentionnons: la composition de l'air intergranulaire (dyoxide de carbone et oxygène), la vapeur d'eau, les impuretés, la viabilité du grain, les rongeurs, les insectes, les champignons, les actinomycètes, les bactéries et les installations d'entreposage. Le contrôle de ces facteurs permet d'évaluer leur rôle et leurs interactions comme agent de conservation ou de dégradation des denrées. Disposant de ces renseignements, le gestionnaire pourra décider quelles mesures préventives ou correctives appliquer, à quel moment les mettre en œuvre et quel facteur est le plus important de façon à minimiser la baisse de qualité et les pertes économiques. L'idéal serait de disposer d'un ordinateur pour prévoir, d'après les données recueillies, la période d'entreposage sûre. Au moyen de modèles, on peut simuler dîvers scénarios de dégradation avec les mesures préventives ou correctives correspondantes. Ainsi, pendant toute la durée de l'entreposage, on peut déterminer la période sûre pour du blé humide entreposé dans un élévateur si l'on dispose de données précises sur les installations d'entreposage, la température (à l'extérieur et dans l'espace intergranulaire), la teneur du grain en eau et le type d'infestation.

CHAPITRE 2 EFFETS DU CLIMAT SUR LES INSECTES INFESTANT LES DENRÉES ENTREPOSÉES ET INDICE DE LEUR ADAPTABILITÉ

Les plantes et les animaux qui infestent les denrées alimentaires exercent leur action dans les limites que leur imposent leur génotype, leur distribution géographique et le climat. Les causes et les conséquences de l'infestation des denrées alimentaires sont complexes; les céréales et les organismes qui les ravagent non seulement possèdent des propriétés qui leur sont propres, mais ils subissent en plus les effets de nombreux facteurs physiques, chimiques, biologiques et externes. Par exemple, du blé encore humide du Manitoba peut avoir été coupé à la moissonneuse-batteuse, infecté par des champignons et des bactéries, séché, entreposé dans une structure métallique, infesté par des insectes, traité par fumigation, transporté par camion, par wagon et par bateau.

Le climat est défini comme les conditions physiques moyennes qui produisent un effet majeur sur la densité moyenne de la population d'une espèce. Les conditions météorologiques sont définies comme étant les conditions quotidiennes ou saisonnières qui influent de façon déterminante sur la survie de certains organismes. Pour des raisons d'ordre pratique, les conditions météorologiques sont considérées comme une composante du climat dans le présent document. Le climat influe sur la qualité du grain entreposé, car il détermine certaines des conditions de récolte et d'entreposage de même que le taux d'accroissement de divers ravageurs du grain entreposé (fig. 2).

Dans le présent chapitre, nous examinerons principalement le rôle des insectes comme agents de changement. Nous présentons donc à la figure 3 un schéma montrant les effets directs du climat, du génotype et des besoins nutritifs sur une population d'insectes qui ravagent les céréales entreposées, entraînant une perte économique. Le climat agit indirectement par ses effets sur le système endocrinien, sur les parasites, sur les prédateurs, sur la microflore et sur les barrières structurales ou autres comme l'illustre la figure 4. Les conditions météorologiques agissent sur le système endocrinien des insectes, lequel règle le déclenchement de la diapause, et influe sur leur survie, leur développement et leur reproduction; elles ont également un effet sur les individus d'une espèce en tant qu'agents de catastrophe indépendants de la densité. Comme un grand nombre des insectes ravageurs des denrées entreposées se trouvent relativement protégés par la masse qu'ils infestent et que seulement quelques espèces (par ex., *Sitotroga cerealella*) ont un stade de diapause, l'effet des conditions météorologiques est rarement évident. Néanmoins, les variations de température et d'humidité relative nycthémérales, saisonnières et annuelles, particulièrement lorsqu'elles sont prononcées, peuvent avoir un effet déterminant sur l'importance de la population des espèces qui s'attaquent aux denrées entreposées. Dans les céréales entreposées, la propagation des insectes peut également dépendre de la multiplication des champignons, des bactéries, des parasites et des prédateurs dont les populations subissent les effets du climat. En outre, le génotype d'une

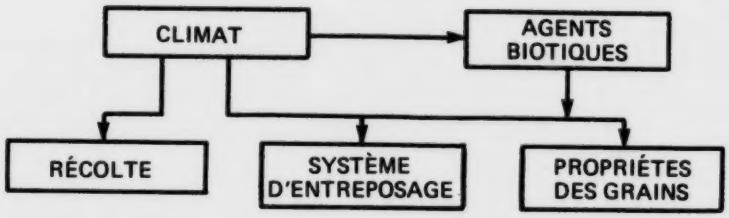


Fig. 2 Schéma illustrant l'influence générale du climat sur les cultures céréalières, le système d'entreposage, les propriétés des graines et les agents biotiques agissant dans les céréales infestées.

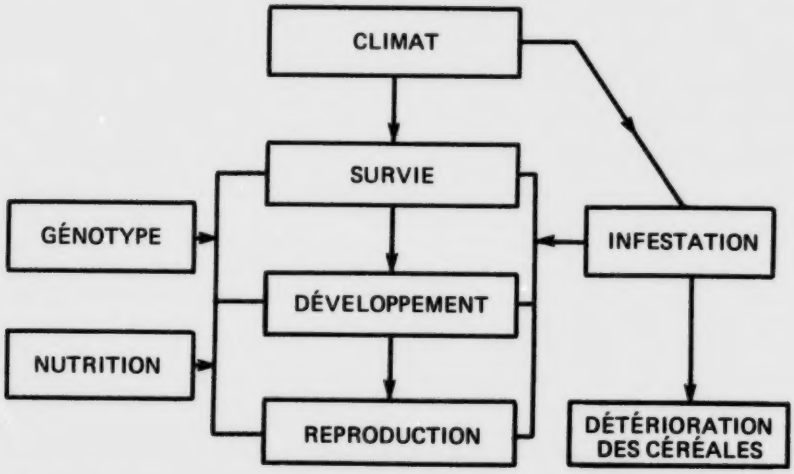


Fig. 3 Schéma représentant les principaux effets sur une population d'insectes du climat, du génotype et des facteurs de nutrition entraînant une infestation, une détérioration des céréales et des pertes économiques. On tient également compte des effets des conditions météorologiques.

espèce et les éléments nutritifs qu'elle trouve dans les céréales qu'elle infeste influent également sur les trois processus physiologiques fondamentaux. Si une espèce d'insecte peut mettre à profit les conditions climatiques et les autres facteurs du milieu, elle pourra se multiplier rapidement et devenir très abondante. À ce stade, l'intervention humaine, les conditions météorologiques, ou ces deux facteurs combinés, peuvent empêcher que la population n'augmente davantage. Si l'on prend des mesures correctives, les insectes cessent de se propager et les céréales demeurent propres à la consommation humaine ou animale. Si l'on ne prend aucune mesure, les céréales risquent de se gâter complètement, ce qui finit par entraîner la disparition des insectes par privation, par exposition et par intoxication par leurs propres sécrétions ou celles d'espèces microbiennes.

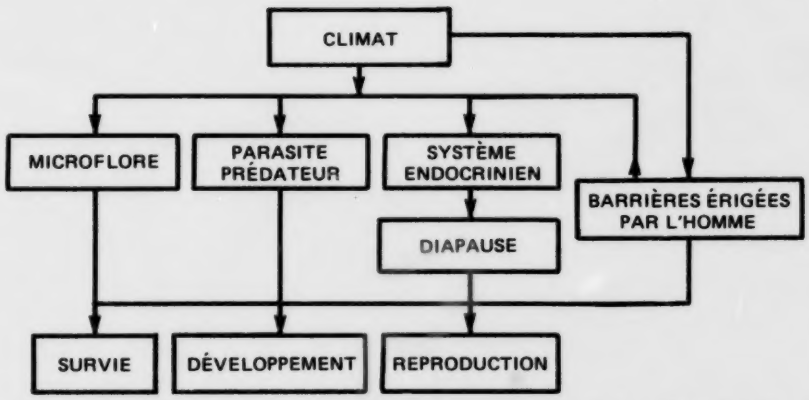


Fig. 4 Schéma représentant les effets indirects du climat sur une population d'insectes, qui interviennent par le biais du système endocrinien des insectes, des parasites et des prédateurs, de la microflore s'attaquant aux graines et des barrières structurales érigées par l'homme.

Pour expliquer clairement l'effet des facteurs climatiques sur l'infestation et la dégradation des céréales entreposées par les insectes, nous avons jugé préférable de nous limiter à certains types de milieux, de céréales et d'insectes.

Milieux

On peut classer en deux types principaux les milieux que peuvent trouver les insectes dans le grain entreposé: les milieux exposés et les milieux protégés.

Un milieu exposé offre une protection minimale contre les facteurs climatiques, bien que les installations d'entreposage et la masse de céréales assurent une isolation temporaire. C'est le cas pour les insectes qui vivent dans des petits entrepôts vides, des sacs, boîtes en métal ou des contenants en terre cuite.

Un milieu protégé offre une protection suffisante contre les facteurs climatiques comme les gros amas de grains, les grands silos et les grands élévateurs bien construits, les greniers, les minoteries et les entrepôts chauffés, réfrigérés ou climatisés.

Le présent chapitre est consacré aux effets des facteurs climatiques dans des milieux exposés et moyennement protégés. Le second type de milieu englobe les bâtiments sans système de chauffage ou de refroidissement.

Céréales

Nous n'avons considéré que les principaux types de céréales: blé, riz, maïs, orge, avoine, sorgho, millet et seigle.

Insectes

Les quatre catégories de ravageurs décrites ci-après ont été définies arbitrairement et ne sont employées que dans le présent chapitre. Les grands ravageurs sont des insectes destructeurs qui abondent habituellement à longueur d'année. En général, ils s'attaquent à au moins une des principales céréales; on en trouve généralement moins de cinq espèces dans un même pays. Les ravageurs importants sont des insectes destructeurs infestant occasionnellement certains types de céréales à certaines époques de l'année. On en trouve généralement moins de 10 espèces dans un même pays. Les ravageurs secondaires sont communs ou occasionnels, moins néfastes au point de vue économique que les grands ravageurs ou les ravageurs importants; on peut en trouver 100 espèces ou plus dans un même pays. Les insectes associés sont occasionnels et parfois communs; ils sont d'une importance discutable au point de vue économique.

Dans la présente analyse bioclimatique, nous ne considérons que les grands ravageurs et les ravageurs importants. Tous les insectes mentionnés dans les pages suivantes ravagent les denrées entreposées. En raison du perfectionnement des systèmes de transport internationaux modernes, il est maintenant fréquent que d'importantes quantités de denrées entreposées soient transportées d'un pays à un autre se trouvant dans une zone climatique différente. Partout on prévoit l'inspection des denrées et la quarantaine, mais de nouveaux ravageurs sont parfois introduits accidentellement. Ainsi, même dans des pays comme l'Angleterre et le Japon, où l'on applique les lois sur la quarantaine et l'on garde des dossiers, il arrive de découvrir de nouveaux ravageurs. Souvent, l'aire de distribution d'un insecte, ou d'un groupe d'insectes, est limitée à une ou deux zones climatiques et ce, pour deux raisons: les ressources alimentaires sont limitées, ce qui explique, par exemple, l'absence de *Corcyra cephalonica* dans les pays producteurs de blé à climat tempéré; les conditions météorologiques dans les zones climatiques environnantes sont défavorables à la survie des espèces considérées. Néanmoins, dans une région donnée la composition spécifique d'une faune entomologique bien établie est souvent le reflet des conditions climatiques durant une période donnée. Bien que le climat détermine les principales caractéristiques de l'environnement physique dans lequel les insectes peuvent se multiplier, il n'est pas le seul facteur régissant l'infestation; les causes et les conséquences qui en résultent, sont presque toujours liées aux conditions de récolte et de séchage, à l'humidité du grain, à la microflore et aux rongeurs, enfin, aux installations et à la durée d'entreposage. Or, comme le climat influe aussi sur la plupart de ces facteurs, il détermine dans bien des cas la présence de certains grands ravageurs ou ravageurs importants dans un pays ou un ensemble de pays donnés.

Pour comprendre comment le climat peut favoriser l'infestation des denrées entreposées, nous devons d'abord connaître l'évolution de deux variables climatiques déterminantes, la température et l'humidité (qui dépend de l'humidité relative), puis étudier les relations entre l'eau et l'atmosphère au point de vue des caractéristiques biologiques des insectes et des denrées qu'ils infestent.

Température

La température influe sur la survie, la croissance et la reproduction de tous les organismes vivants et son action s'exerce en corrélation avec la quantité d'eau présente dans l'air. La chaleur accélère les processus biologiques de tous les êtres vivants. En général, les insectes qui infestent les denrées entreposées se multiplient de plus en plus rapidement de 20 °C à 35 °C; ils meurent si la température est supérieure de 5 °C à 7 °C à ces limites; l'écart est plus grand lorsqu'elle est inférieure.

Humidité

Pour survivre et se multiplier, les organismes vivants ont besoin d'eau. L'activité biologique d'un organisme vivant, d'un insecte, dépend de la quantité d'eau présente dans l'air, c'est-à-dire de l'humidité absolue, qu'on exprime en grammes de vapeur d'eau par mètre cube d'air. La quantité d'eau que peut contenir l'air augmentant avec la température, on parle d'humidité relative. Par exemple à 10 °C, l'air peut contenir environ 10 g d'eau par m^3 et à 38 °C, 45 g d'eau par m^3 (fig. 5). À 38 °C, de l'air ne contenant que 10 g d'eau par m^3 n'est saturé qu'à 22 % (10/45 = 22 %), de sorte qu'il tend fortement à absorber l'eau de la matière vivante avec laquelle il est en contact. Ce phénomène a pour effet de priver les organismes vivants d'une ressource vitale et de ralentir leur activité. Si la température baisse à 32 °C, il ne faut pas plus que 33 grammes d'eau par m^3 pour que l'air, lorsqu'il ne contient que 10 grammes d'eau par m^3, soit saturé (10/33 = 30 % du point de saturation); ainsi, l'air absorbe alors moins d'eau, de sorte qu'il en reste plus pour la matière vivante. Si l'humidité absolue de l'air est constante, l'humidité relative baisse lorsque la température s'élève (fig. 6).

Zones climatiques

En 1900, Wladimir Köppen a mis au point une classification des régions climatiques du monde basée sur cinq limites ou ceintures de température. Cette classification, qui se range parmi les plus anciennes, a été modifiée à cause du changement des limites et beaucoup plus perfectionnée de nos jours, elle est encore à la base de toutes les classifications climatiques du monde.

Selon ce système, on distingue les cinq régions climatiques suivantes: ceinture tropicale, plus de 20 °C toute l'année; ceinture subtropicale, plus de 20 °C pendant 4-11 mois, de 10 °C à 20 °C pendant 1-8 moins; ceinture tempérée, de 10 °C à 20 °C pendant 4-12 mois; ceinture froide, de 10 °C à 20 °C pendant 1-4 mois, moins de 10 °C pendant 8-11 mois; ceinture polaire, moins de 5 °C toute l'année.

Étant donné qu'à moins de 20 °C la plupart des grands insectes ravageurs se développent mal, ils ne peuvent infester les denrées entreposées dans les zones froides et polaires. Ils prolifèrent surtout dans la ceinture tropicale et, dans une moindre mesure, dans les zones subtropicales et tempérées. Cependant, la plus grande partie des céréales dans le monde ne sont ni produites

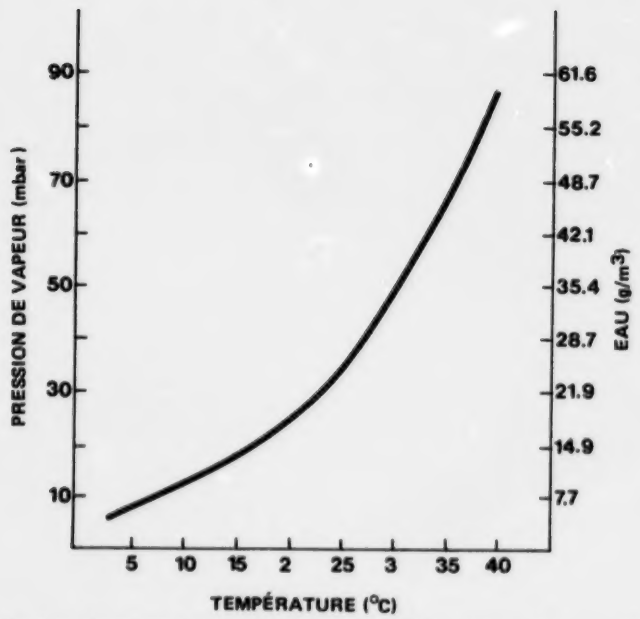


Fig. 5 Pression de vapeur de l'air saturé en eau à différentes températures. Comme l'air retient plus d'eau, en valeur absolue, à mesure que la température monte, il en reste moins dans le milieu et les organismes.

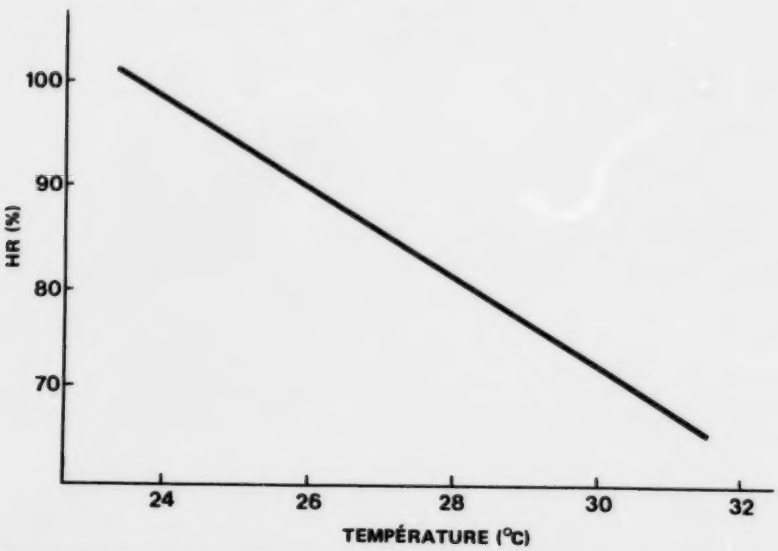


Fig. 6 Relation linéaire entre l'humidité relative et la température lorsque la teneur en eau de l'air est constante (21,7 g/m^3).

ni entreposées pendant de longues périodes dans la ceinture tropicale. C'est dans les prairies humides de latitude moyenne, catégorie comprenant 7 % des terres de la planète et les 2/5 de la population mondiale, qu'est produite la plus grande partie des céréales, notamment le blé, l'orge, l'avoine, le maïs et le seigle. Heureusement pour nous tous, il est rare que les céréales produites et entreposées dans ces régions soient gravement infestées pendant toute l'année, comme c'est souvent le cas dans la ceinture tropicale. Les denrées entreposées sont infestées par une faune entomologique cosmopolite dans des climats correspondant à celui des régions agricoles du monde. La figure 7 présente une classification moderne des terres agricoles du monde.

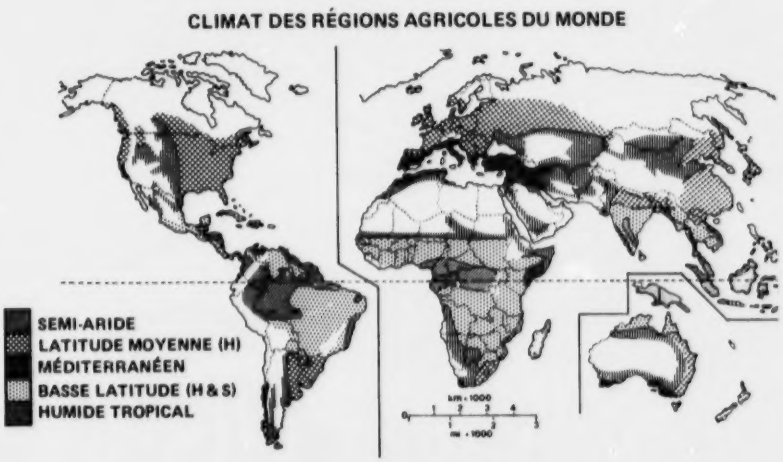


Fig. 7 Climat des régions agricoles du monde.

Classification des régions de production agricole et d'entreposage en fonction du climat

Terres semi-arides

Les étés sont très chauds de même les hivers à basse latitude, et frais ou froids à latitude moyenne. Il tombe moins de 38 cm de pluie durant la saison sèche. Les pays types sont notamment: l'Égypte, le Soudan, le Niger, la République démocratique de la Somalie et le Pakistan. Les principales cultures céréalières sont le millet et le sorgho; cultures irriguées dans bien des cas. Les ravageurs importants typiques sont *Lasioderma serricorne*, *Trogoderma granarium*, *Tribolium castaneum*, *Sitotroga cerealella*.

Terres humides et sèches de basse latitude

Toutes les saisons sont chaudes ou très chaudes. La saison des pluies est précédée d'une saison sèche et le climat est légèrement plus frais durant

la période de l'année caractérisée par un ensoleillement plus faible. Les pays types sont notamment: l'Inde, la Thaïlande, le Brésil, le Ghana, la Birmanie, la République de Sri Lanka et l'Indonésie. Les principales cultures céréalières sont le riz, le maïs et d'autres céréales. *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica*, *Corcyra cephalonica* sont les ravageurs importants typiques.

Terres méditerranéennes

Il fait chaud ou très chaud toute l'année, les étés sont secs et les hivers frais ou doux et humides. Les pays types sont l'Italie, la Grèce, la Turquie, Israël, le Portugal. Les principales cultures céréalières sont le maïs, l'orge et l'avoine. *Ephestia cautella* et *Sitophilus granarius* sont les ravageurs importants typiques.

Terres humides tropicales

Il fait chaud et humide toute l'année. Les pays types sont le Congo, la Colombie, le Vénézuéla, la Birmanie, l'Indonésie. Les principales cultures céréalières sont le riz et le maïs. *Sitophilus zeamais*, *S. oryzae* et *S. cerealella* sont les ravageurs importants typiques.

Terres humides de latitude moyenne

Il y a quatre saisons distinctes avec des étés chauds ou très chauds et des hivers frais ou froids. Les périodes sans gel sont de plus de 90 jours et varient selon la latitude; humide la plus grande partie de l'année. Les pays types sont les É.-U. (partie septentrionnale), l'U.R.S.S., la Chine, l'Australie, l'Europe de l'Ouest, le Canada et le Japon. Les principales cultures céréalières sont le blé, l'orge, le maïs et toutes les autres céréales à l'exception des variétés tropicales. *Sitophilus granarius*, *Oryzaephilus surinamensis* et *Tribolium* spp. sont les ravageurs importants typiques.

Ce groupe comprend quatre subdivisions: Zone continentale humide à étés courts. Principales cultures céréalières: blé de printemps, orge, avoine; ravageurs importants typiques: *Cryptolestes ferrugineus*, *O. surinamensis*. Zone continentale humide aux étés longs; principales cultures céréalières: maïs, blé d'hiver; ravageurs importants typiques: *S. oryzae*, *Tenebriodes mauritanicus*, *Tribolium castaneum*. Zone humide subtropicale: principales cultures céréalières: blé, riz; ravageurs importants typiques: *O. surinamensis*, *S. granarius*. Zone maritime de la côte ouest: principales cultures céréalières: blé, riz; ravageur important typique: *O. surinamensis*.

Effets du climat à diverses étapes de l'entreposage

Les facteurs climatiques influent sur les céréales entreposées ainsi que sur les insectes qui les infestent à chaque étape du transport et de l'entreposage. L'intensité des effets climatiques dépend surtout de la protection

que fournissent les installations d'entreposage, le camion, le wagon, la cale du bateau ainsi que du volume de grain, qu'il soit en vrac ou ensaché. Aux figures 8 et 9, on indique les différentes étapes de l'entreposage en Afrique et en Amérique du Nord respectivement. Habituellement, les effets des facteurs climatiques sont plus marqués aux premières étapes.

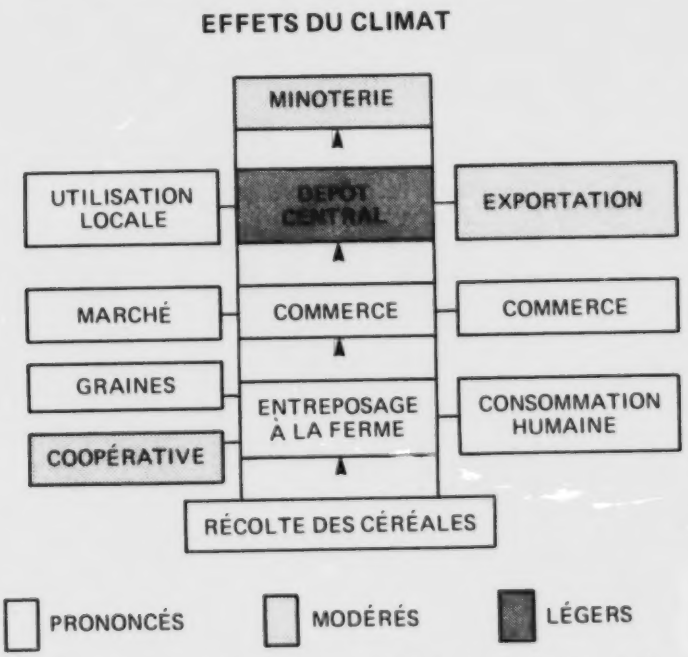


Fig. 8 Schéma représentant les effets climatiques sur les céréales entreposées et sur les ravageurs qui les infestent au cours des diverses étapes de l'entreposage du transport et de la transformation, en Afrique et dans divers pays en voie de développement.

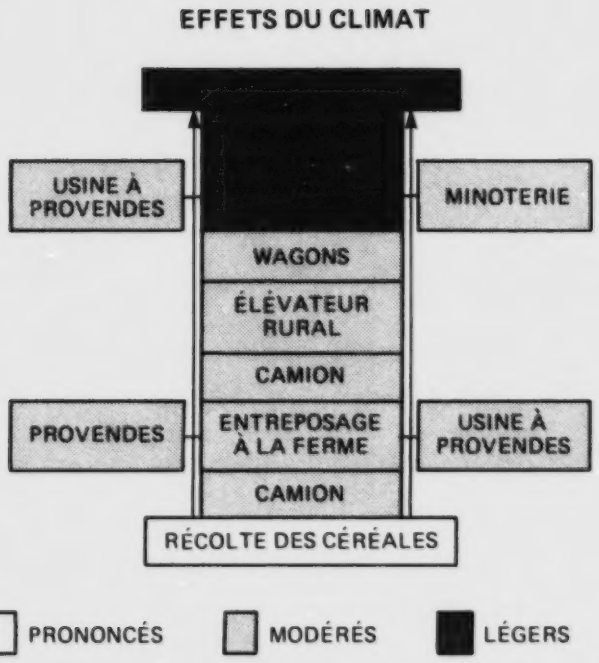


Fig. 9 Schéma représentant les effets climatiques sur les céréales entreposées et sur les ravageurs qui les infestent au cours des diverses étapes de l'entreposage, du transport et de la transformation en Amérique du Nord et dans d'autres pays industrialisés humides de latitude moyenne.

Indice d'adaptabilité des insectes aux variations climatiques

Dans une zone climatique où les ressources alimentaires sont adéquates, le fait qu'un insecte ravageur de denrées entreposées cause des pertes économiques dépend des limites physiques qui lui sont imposées ainsi que des valeurs de température et d'humidité relatives auxquelles son développement est optimal. On trouve plusieurs espèces de ravageurs importants dans les pays populeux à forte production agro-alimentaire; cependant, il existe certaines espèces qui sont particulièrement destructrices dans une zone climatique donnée, mais qui se manifestent rarement dans d'autres zones. Pour infester des denrées dans une zone climatique donnée, un insecte doit être capable de se reproduire rapidement durant les périodes favorables et une bonne partie de la population doit pouvoir survivre durant les périodes défavorables. On a étudié en laboratoire le cycle de reproduction de 51 espèces d'insectes ravageant les denrées entreposées; les résultats ont montré que le taux d'accroissement est optimal entre des limites de température de 3-4 °C habituellement à une humidité relative de 60 % ou plus. La plupart des espèces ne

se reproduisent pas assez rapidement pour causer des problèmes tant que la température ne dépasse pas de 3-5 °C la valeur minimale déterminée en laboratoire; la température maximale à laquelle elles se multiplieront est environ 4 °C au-dessus de la température optimale.

La distribution actuelle des ravageurs des denrées entreposées et leur distribution probable dans des milieux relativement exposés peuvent s'expliquer en grande partie par la capacité propre à ces insectes de s'adapter, de se multiplier et de produire d'importantes populations dans une zone donnée. En combinant les données obtenues en laboratoire (voir la bibliographie) sur la biologie de chacune des 51 espèces étudiées, on peut déterminer un « indice d'adaptabilité » (I_a) pour exprimer le pouvoir d'une espèce de s'adapter aux conditions de diverses zones climatiques. Plus la valeur de l'indice I_a est élevée, plus l'espèce est adaptable.

Calcul de l'indice d'adaptabilité

Supposons que, pour une espèce donnée, l'on connaisse la relation mathématique entre la température ambiante (E) et le taux d'accroissement. L'intégrale de cette fonction représenterait alors la valeur moyenne du potentiel de reproduction total à n'importe quelle température et pourrait servir d'indice d'adaptabilité de l'espèce.

$$I_t = \Sigma\lambda(t)\, dt \quad \ldots\ldots (1)$$

I_t est l'indice de la température, en supposant que le poids reste le même, quelle que soit la température.

On pourrait obtenir une valeur plus précise pour une zone climatique donnée en intégrant la fonction pour les températures réelles qu'on y a mesurées. En posant F_c comme étant la distribution probable des températures pour le climat c, on peut calculer:

$$I_{tc} = \Sigma\lambda(t) dF_c(t) \quad \ldots\ldots (2)$$

Si la valeur de λ pour une espèce donnée n'est pas connue pour toutes températures, on peut en faire l'approximation. Le scientifique britannique Robert Howe propose les paramètres suivants:

t_o = température minimale de reproduction
t_1 = borne inférieure de la zone optimale
t_2 = borne supérieure de la zone optimale
t_3 = on suppose que la limite maximale de reproduction est t_2 + 4 °C
λ = taux d'accroissement au cours d'un mois lunaire; c'est-à-dire le taux maximal auquel une population dont la pyramide des âges est stable peut se multiplier, en supposant que les ressources de matières nutritives sont illimitées.

L'approximation de la fonction donne un trapèze (fig. 10). I_t représente alors la surface entre t_1 et t_2.

Ainsi $I_t = \frac{\lambda}{2}(t_3 - t_o + t_2 - t_1 \quad \ldots\ldots (3)$

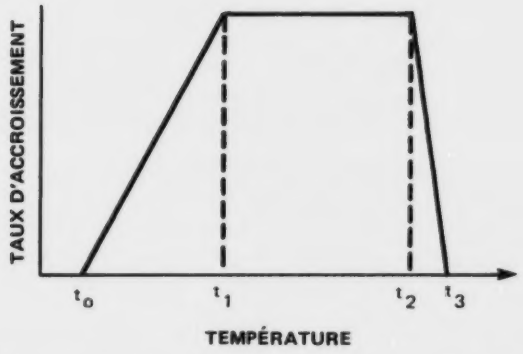


Fig. 10 Schéma illustrant le calcul de l'indice d'adaptabilité (I_a) pour un insecte ravageur des denrées entreposées. λ: taux d'accroissement naturel par période de 28 jours; t_0: température minimale de reproduction; t_1: limite inférieure de la zone optimale; t_2: limite supérieure de la zone optimale; t_3: limite maximale de reproduction valant, selon l'hypothèse de Howe, t_2 + 4 °C. La partie centrale de la courbe représente le taux de multiplication optimale.

Pour obtenir un modèle plus réaliste, nous faisons aussi intervenir l'effet de l'humidité relative sur l'insecte considéré.

Si h_o est la valeur minimale de l'humidité relative et
h_1 est la valeur maximale de l'humidité relative

Alors $I_h = (h_1 - h_o - 5)$ ..... (4)

On soustrait une valeur de 5 pour tenir compte de la baisse de reproduction qui se produit lorsque l'humidité relative diminue au minimum.

Si l'on combine (3) et (4), l'indice d'adaptabilité est

$$I_a = \frac{\lambda}{2} (t_3 - t_o + t_2 - t_1) (h_1 - h_o - 5) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Les données qui ont servi au calcul proviennent de diverses publications, présentées à la fin du présent document. Pour les groupes d'espèces jugés résistants à une humidité relative assez faible, on fait les calculs en supposant une valeur de 80 % pour l'humidité relative; pour les groupes ayant besoin d'une humidité relative modérée ou élevée, on applique respectivement les valeurs de 90 % et 100 %.

L'appendice I donne l'ordre relatif des 51 espèces étudiées d'après la valeur de l'indice I_a obtenue pour chacune d'entre elles. Les espèces dont l'indice est le plus élevé, *Tribolium castaneum* (I_a = 588) et *T. confusum* (I_a = 478), sont les ravageurs les plus cosmopolites des céréales et autres denrées entreposées. Par contre, pour le papillon *Corcyra cephalonica*, ravageur du riz spécialisé mais dominant, qu'on ne trouve que dans les terres humides et sèches à basse latitude, l'indice I_a ne s'élève qu'à 110. Quant à *Trogoderma granarium*, espèce limitée aux régions à climat sec et très chaud, son indice n'est que de 131. Les espèces les plus destructrices, par exemple *Rhyzopertha dominica* (I_a = 190), ne sont pas nécessairement les plus adaptables du point de vue de leur capacité de multiplication dans les diverses zones climatiques du monde.

Climat et types d'infestation

Afrique (climat humide tropical, semi-aride, humide et sec à basse latitude et méditerranéen)

L'Afrique comporte toute une variété de zones climatiques où l'on trouve quatre ensembles de conditions, soit très chaud et humide, très chaud et sec, frais et humide et enfin frais, humide et sec. L'entreposage cause le plus de problèmes sous un climat très chaud et humide, tandis que les difficultés sont réduites au minimum sous un climat frais et sec. La récolte des principales cultures céréalières, maïs, riz, sorgho et millet, se fait pratiquement toute l'année, selon la région et le type de culture. Au Nigeria, le maïs est récolté aux mois de juillet et d'août, et le riz est moissonné d'octobre à janvier. En raison de la chaleur et de l'humidité ainsi que d'autres caractéristiques climatiques et agricoles de nature locale, deux insectes, *Mussidia nigrivenella* (Ragonot) et *Cathartus quadricollis* (Guérin Méneville), sont devenus les ravageurs du maïs prédominants au Ghana, au Togo et au Nigeria (fig. 11). La larve du papillon phycitidé *M. nigrivenella*, très vorace, s'attaque aux grains matures non séchés, découpant souvent des sillons profonds sur la longueur des épis du maïs, et peut dévorer ou abîmer jusqu'à 20 grains. La larve de *C. quadricollis* infeste les grains intacts lorsqu'ils contiennent 30 % d'eau, mais se trouve plus tard confinée aux grains endommagés. On énumère à la figure 11 les ravageurs importants de denrées entreposées de certains pays d'Afrique.

Le Ghana fait partie des régions humides et sèches de basse latitude et humides tropicales. Le climat du Ghana est particulier, car il est déterminé par la rencontre de deux masses d'air extrêmement différentes qui se déplacent en diagonale dans des directions opposées: les masses d'air froid et humide de la mousson qui arrivent du sud-ouest après un long trajet au-dessus de la mer, et les masses d'air très chaud et sec de l'harmattan qui arrivent du nord-est après être passées au-dessus du désert. Ces deux masses d'air se rencontrent dans ce qu'on appelle la zone de convergence intertropicale (ZCIT). Lorsqu'elles se mélangent, l'air devient généralement humide et chaud, mais parfois l'une ou l'autre des masses prédomine. Commes les rayons solaires frappent par intermittence ce mélange chaud et humide, l'humidité relative fluctue considérablement durant le jour, ce qui est idéal pour la croissance des champignons. Durant le jour, la température fluctue entre 24 °C et 35 °C dans le nord, et dans le sud, elle varie de 23 °C à 31 °C.

Comme la température corporelle des animaux à sang froid est la même que celle du milieu environnant, le métabolisme des insectes dans l'environnement ghanéen s'active avec l'augmentation de température pour atteindre un point qui dépasse dangereusement le seuil de tolérance des insectes. On peut voir à quelle température sont menacées la survie et la capacité de reproduction d'un insecte sur la courbe qui met en relation son développement avec la température ambiante (fig. 12). Le développement des insectes ralentit rapidement lorsque le déficit de saturation en eau augmente par suite d'une élévation de la température. Le déficit de saturation est la mesure du taux de variation de la pression de vapeur enregistrée entre l'insecte sudoripare et son milieu à une température quelconque, c'est-à-dire la différence entre

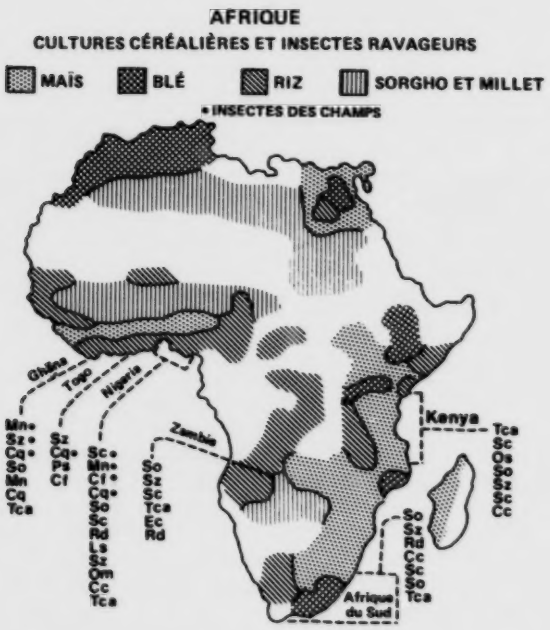


Fig. 11 Carte de l'Afrique où figurent les principales zones céréalières et les principaux insectes ravageurs qui infestent les céréales dans les champs et dans les installations d'entreposage de certains pays. Les abréviations des noms des espèces sont: Mn, *Mussidia nigrivenella* (Ragonot); Sz, *Sitophilus zeamais*; Cq, *Cathartus quadricollis*; So, *Sitophilus oryzae*; Tca, *Tribolium castaneum*; Ps, *Palorus subdepressus*; Cf, *Cryptolestes ferrugineus*; Sc, *Sitotroga cerealella*; Rd, *Rhyzopertha dominica*; Ls, *Lasioderma serricorne*; Om, *Oryzaephilus mercator*; Cc, *Corcyra cephalonica*; Ec, *Ephestia (Cadra) cautella*; Os, *Oryzaephilus surinamensis*. L'ordre d'importance des espèces mentionnées a été établi d'après les données fournies par des personnes travaillant dans le domaine de la conservation des produits alimentaires (voir Bibliographie).

la pression de vapeur à l'état de saturation par rapport à l'état initial à une température donnée. Lorsque la teneur en eau de l'air est constante, l'humidité relative baisse si la température s'élève; dans ces conditions, le développement de l'insecte est optimal près du point où le produit du temps de développement par le déficit de saturation est minimale. La température létale est atteinte lorsque le déficit de saturation est trop élevé pour être supportable.

Au Ghana, les conditions optimales de développement pour la plus grande partie de la microflore des denrées entreposées (25-35 °C) correspondent aux variations normales de température et d'humidité relative dans le sud du pays. Seulement quelques espèces d'insectes peuvent pleinement profiter du climat ghanéen.

Dans le nord, le climat relativement sec favorise le développement de *Tribolium castaneum* et de *Lasioderma serricorne*; dans le sud, le climat est

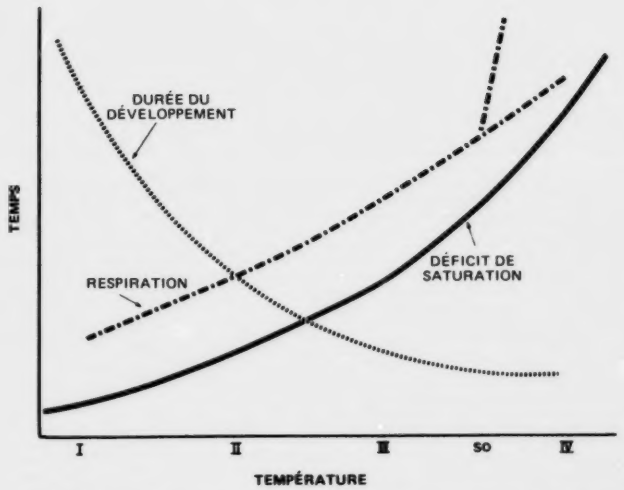


Fig. 12 Effet de la température sur la durée du développement, le taux de respiration et le déficit de saturation. À la température I, le développement est stoppé par le froid, tandis qu'à la température IV, il est interrompu par la chaleur; dans la zone de température optimale, délimitée par les températures II et III, le produit de la durée du développement par le déficit de saturation est au plus bas; «SO» indique une ouverture spiralée provoquée par des changements de température chez certains insectes.

relativement frais et plus humide, ce qui favorise la croissance de *Sitophilus oryzae*. L'étude en laboratoire du taux d'accroissement de ces espèces dominantes permet d'expliquer cette séparation climatique. On peut voir à la figure 13 que *T. castaneum* se multiplie plus rapidement à haute température que *S. oryzae*..

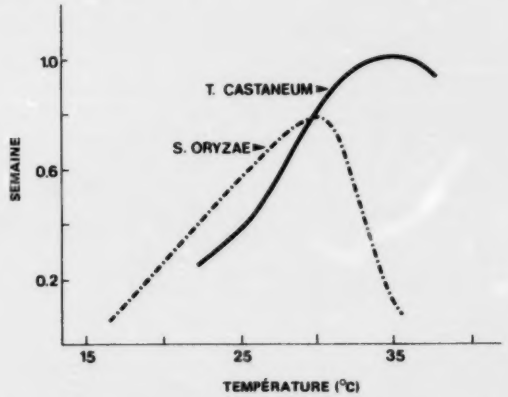


Fig. 13 Effet de la température sur le taux d'accroissement hebdomadaire d'une espèce extrêmement adaptable (*Tribolium castaneum*) et d'une espèce modérément adaptable (*Sitophilus oryzae*) infestant les denrées entreposées au Ghana.

Inde (sous-division climatique de la zone humide subtropicale)

Dans la zone humide subtropicale des terres humides de latitude moyenne, on distingue plusieurs sous-divisions climatiques. Par exemple, dans l'Uttar Pradesh, État producteur de céréales du centre-nord de l'Inde, on trouve six zones climatiques et dans chacune d'elles domine un groupe caractéristique d'insectes ravageurs des denrées entreposées. L'étude des espèces endémiques dans les installations d'entreposage vides a montré que *Sitophilus oryzae*, *Sitotroga cerealella*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* sont les ravageurs les plus communs du riz non décortiqué, du blé, du maïs, du millet et des autres céréales produites dans cette région. Bien que la nature des denrées entreposées et des installations d'entreposage (capacité approx. de 50-15 000 kg) influent sur la distribution des espèces, le climat semble déterminer la composition des groupes de ravageurs importants de chaque région. On donne à la figure 14 le nom des trois espèces dominantes (énumérées par ordre d'importance) dans chacune des régions de l'État. *S. cerealella* domine partout, sauf dans les collines (environ 1 000 m au-dessus du niveau de la mer) au climat frais où il cède la place à *R. dominica*. Le Coléoptère bien connu *Trogoderma granarium* domine dans le Bundelkhand, la région du sud la plus chaude et la plus sèche. Dans l'est et le centre ainsi que dans la plaine de l'ouest, régions dominées par *Sitophilus*

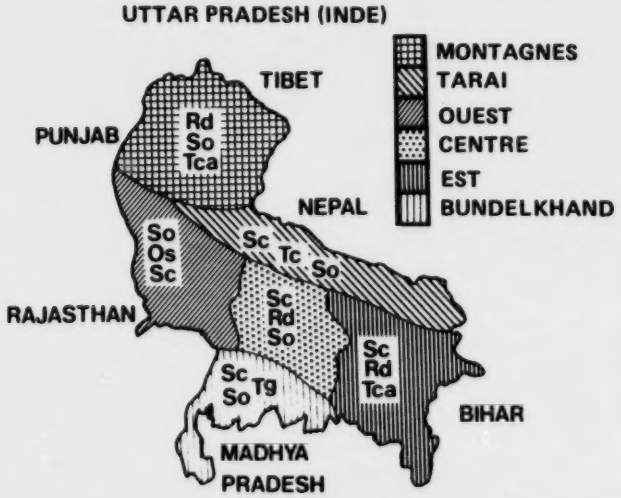


Fig. 14 Schéma représentant les six zones climatiques de l'État de l'Uttar Pradesh en Inde. Dans les montagnes, le climat est plus frais et humide, au Bundelkhand, il est très chaud et sec, tandis que dans les autres régions, il est très chaud et humide ou très humide. Les abréviations des noms des espèces sont: Rd, *Rhyzopertha dominica*; So, *Sitophilus oryzae*; Tca, *Tribolium castaneum*; Os, *Oryzaephilus surinamensis*; Sc, *Sitotroga cerealella*; Tc, *Tribolium confusum*; Tg, *Trogoderma granarium*.

oryzae et *Sitotroga cerealella*, l'abondance de *R. dominica* et *Oryzaephilus surinamensis* est notable. De toute évidence, la composition de certains groupes de ravageurs importants dans une région donnée est déterminée par divers facteurs, tant de nature agricole et socio-économique que climatique. Le dernier a cependant une influence dominante sur les deux premiers.

Australie (climat méditerranéen et terres humides de latitude moyenne)

En Australie, les terres céréalières se trouvent dans les zones à climat méditerranéen et humide de latitude moyenne (subtropical et maritime de la côte ouest) (fig. 15). Au Canada et aux États-Unis, les récoltes se font durant la saison chaude et celle-ci est suivie d'une période de temps frais; en Australie au contraire, la récolte a lieu au début de l'été et est suivie de quelques semaines ou de quelques mois de temps chaud ou très chaud. Ainsi en Australie, où l'on trouve pratiquement toutes les espèces cosmopolites importantes, les conditions initiales sont favorables à l'infestation. À la figure 15 on donne l'ordre de cinq groupes de ravageurs de denrées entreposées selon leur importance au point de vue économique (d'après les données recueillies par les entomologistes des cinq États). Dans les régions de l'ouest de l'Australie où l'on produit du blé, le climat est du type méditerranéen (les hivers y sont pluvieux et les étés humides et chauds, mais l'influence de la zone semi-aride très chaude et sèche qui se trouve à proximité s'y manifeste); dans cette région, *Rhyzopertha dominica* est le plus grand ravageur du blé entreposé, *Sitophilus oryzae*, *Tribolium castaneum* et *Oryzaephilus surinamensis* suivent par ordre d'importance, et *S. granarius* n'est pas au nombre des ravageurs importants. Dans le sud, où l'on trouve un climat méditerranéen plus humide, l'étude de l'entomologiste Peter Birks montre que 40 % des fermes sont infestées par *S. granarius*, 30 % par *T. castaneum*, 29 % par *O. surinamensis*, 16 % par *Cryptolestes* spp., 15 % par *R. dominica* et seulement 8 % par *S. oryzae*. Dans les régions de Victoria et de la Nouvelle-Galles du Sud, *S. granarius* est également un ravageur de grande importance. Il est à noter toutefois, que ce n'est pas le cas dans le Queensland. C'est peut-être là le résultat de la dominance de *R. dominica* et de *S. oryzae* sur les autres insectes ravageurs des denrées entreposées. Néanmoins, *S. granarius* prospère dans la Nouvelle-Galles du Sud. Il semble que la variété des climats nous offre ici les conditions idéales pour mettre en évidence les préférences de cette espèce. Récemment, on en a signalé sur le versant occidental de la Cordillère australienne, à moins de 50 milles au nord de la limite du Queensland. Dans les lieux relativement frais et humides situés à haute altitude, les conditions sont favorables au développement de *S. granarius*. La prospérité de *R. dominica* et des deux espèces de charançon est aussi partiellement due à des facteurs climatiques. Dans la plus grande partie de l'Australie, le climat est plus chaud que les provinces des Prairies du Canada. Néanmoins, *T. castaneum* et *C. ferrugineus*, deux espèces très adaptables, abondent dans ces deux pays.

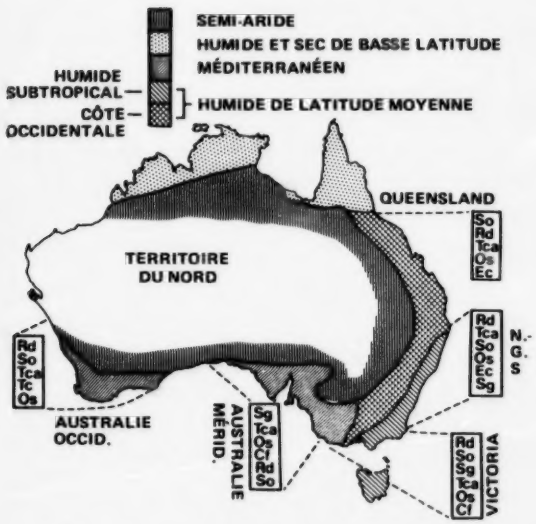


Fig. 15 Climat de l'Australie et ordre d'importance des grands ravageurs des céréales et autres cultures agro-alimentaires, d'après les données des entomologistes de l'endroit. Les abréviations des noms des espèces sont: Rd, *Rhyzopertha dominica*; So, *Sitophilus oryzae*; Tca, *Tribolium castaneum*; Tc, *Tribolium confusum*; Os, *Oryzaephilus surinamensis*; Sg, *Sitophilus granarius*; Cf, *Cryptolestes ferrugineus*; Ec, *Ephestia cautella*.

U.R.S.S. (terres humides de latitude moyenne)

La plupart des régions céréalières de la partie européenne de l'U.R.S.S. ont un climat humide de latitude moyenne (continental) avec des étés courts et très chauds et des hivers longs et froids. Les conditions météorologiques durant la récolte (habituellement au mois d'août) déterminent dans une large mesure l'état du grain au moment de l'entreposage. Au moment de la récolte, le grain contient une quantité d'eau variable selon la région considérée. À l'entreposage, la teneur en eau du grain non séché est inférieure à 15 % dans le nord du Caucase, en Crimée et dans le sud de la Volga, région où les étés sont plus chauds et plus longs. Elle augmente à 16-20 % lorsqu'on remonte vers le nord par l'Ukraine jusqu'à la mer Baltique (fig. 16). *Sitophilus granarius*, *Cryptolestes ferrugineus* et certains acariens s'attaquant au grain sont de grands ravageurs dans les régions plus froides et plus humides du nord, tandis que *Oryzaephilus surinamensis*, *Sitophilus* spp., *Tribolium castaneum* et *Sitotroga cerealella* prédominent dans le sud. Pour voir à quel point les facteurs climatiques ont un effet considérable sur les insectes des denrées entreposées, il suffit de regarder le nombre de générations de *Sitophilus oryzae* produites en un an. En effet, dans les régions du sud, cette espèce peut produire de six à sept générations par année, tandis qu'au nord elle n'en produit qu'une ou deux (fig. 16).

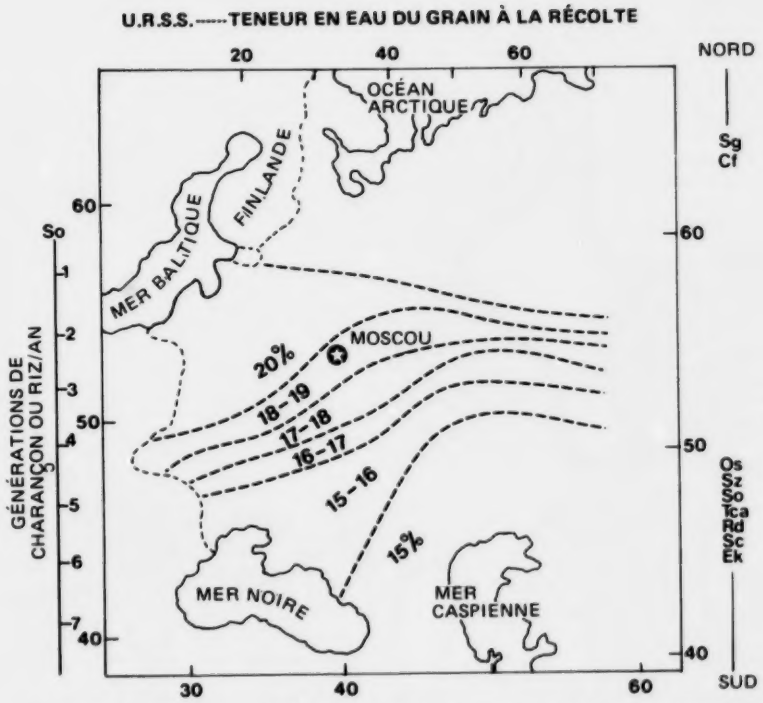


Fig. 16 Humidité du grain à la récolte et principaux insectes ravageurs du grain entreposé en U.R.S.S. On peut voir sur l'échelle de gauche que *Sitophilus oryzae* produit de moins en moins de générations par année à mesure qu'on monte vers le nord. Les abréviations des noms des espèces sont: Os, *Oryzaephilus surinamensis*; Sz, *Sitophilus zeamais*; So, *Sitophilus oryzae*; Tca, *Tribolium castaneum*; Rd, *Rhyzopertha dominica*; Sc, *Sitotroga cerealella*; Ek, *Ephestia kuehniella*.

Birmanie (terres humides tropicales et climat humide et sec de basse latitude)

Dans les régions de la Birmanie où l'on cultive le riz, les conditions sont optimales pour presque tous les ravageurs importants des denrées entreposées. La température quotidienne moyenne varie de 25 °C en janvier à 31 °C en avril. L'humidité relative varie de 61 à 68 % au cours de l'hiver, qui est relativement sec, et monte à environ 90 % durant la mousson, de mai à septembre. Plusieurs ravageurs du grain entreposé dominent, notamment *Corcyra cephalonica*, *Sitophilus oryzae*, *Tribolium castaneum* et *Sitotroga cerealella* (fig. 17). Fait intéressant à noter, *C. cephalonica*, le grand ravageur en Birmanie, est rare dans les régions de l'hémisphère Nord où l'on cultive le riz. Enfin, *T. castaneum* et *Cryptolestes ferrugineus*, deux espèces très répandues et extrêmement adaptables, sont également des ravageurs du grain entreposé en Birmanie.

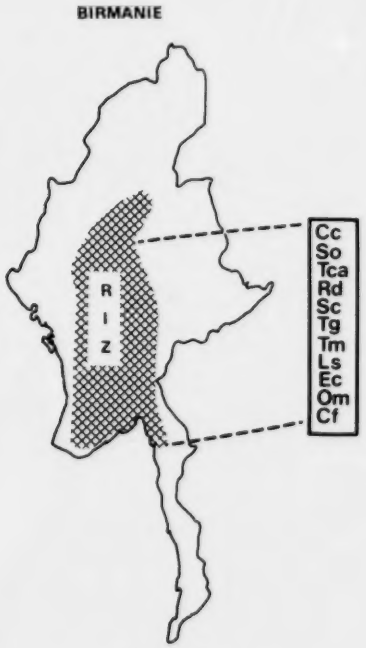


Fig. 17 Région de la Birmanie où l'on cultive le riz et liste des principaux ravageurs des denrées entreposées qu'on y trouve, par ordre d'importance. Les abréviations des noms des espèces sont: Cc, *Corcyra cephalonica*; So, *Sitophilus oryzae*; Tca, *Tribolium castaneum*; Rd, *Rhyzopertha dominica*; Sc, *Sitotroga cerealella*; Tg, *Trogoderma granarium*; Tm, *Tenebroides mauritanicus*; Ls, *Lasioderma serricorne*; Ec, *Ephestia (Cadra) cautella*; Om, *Oryzaephilus mercator*; Cf, *Cryptolestes ferrugineus*.

Argentine (terres humides de latitude moyenne et climat humide subtropical)

L'Argentine a un climat humide subtropical. La principale région productrice de blé de ce pays couvre 1127 km entre 30° et 40° de latitude; elle est bordée au nord par des terres où la température et l'humidité sont élevées durant la saison de croissance, à l'ouest par un désert aride, et au sud par des terres où sévit la sécheresse et où la température est basse. Les hivers sont doux sauf dans le sud. La récolte a lieu aux mois de novembre et de décembre. Le grain entreposé dans les greniers et les entrepôts locaux est ensaché, tandis que c'est en vrac qu'il est conservé dans les élévateurs des terres intérieures et dans les grands terminaux des ports de mer. Selon le climat et les conditions d'entreposage, on trouve divers grands ravageurs. *Sitophilus granarius* est de ce nombre; il est mieux adapté aux climats frais que les autres espèces de *Sitophilus*. Il est surtout répandu dans les régions à climat frais

du sud où il produit de six à sept générations par année. Parmi les autres ravageurs importants, on compte *Sitophilus oryzae*, *Sitotroga cerealella*, *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*, *Ephestia cautella*, *Oryzaephilus surinamensis* et *Cryptolestes ferrugineus*.

Canada et États-Unis (terres humides de latitude moyenne)

Dans les figures 18 et 19, on indique les subdivisions climatiques, les cultures et les ravageurs importants de l'Amérique du Nord et du Mexique. Au Canada, la plus grande partie des céréales sont produites dans les provinces des Prairies, soit le Manitoba, la Saskatchewan et l'Alberta. Ces provinces ont un climat humide continental caractéristique de la « prairie herbeuse »; les hivers sont longs et froids et les étés sont courts et très chauds. La récolte a lieu aux mois d'août et de septembre. En hiver, la température (exposition directe sans que la masse de grain agisse comme isolant) baisse souvent sous la limite minimale pour la reproduction, le développement et la survie de la plupart des ravageurs cosmopolites, tandis qu'en été, elle dépasse la limite maximale pour certaines espèces. Seules les espèces résistantes au froid et adaptables telles que *Cryptolestes ferrugineus*, *Tribolium castaneum* et *Oryzaephilus surinamensis*, qui peuvent profiter de la protection qu'offrent les structures d'entreposage, peuvent prospérer dans cette région (fig. 19). Dans la zone de production du blé d'hiver de l'État de Washington, et dans les États du Dakota du Nord et du Minnesota, où l'on cultive du blé de printemps, on trouve le même groupe de ravageurs; toutefois, comme le climat est plus doux et plus humide dans l'État de Washington,

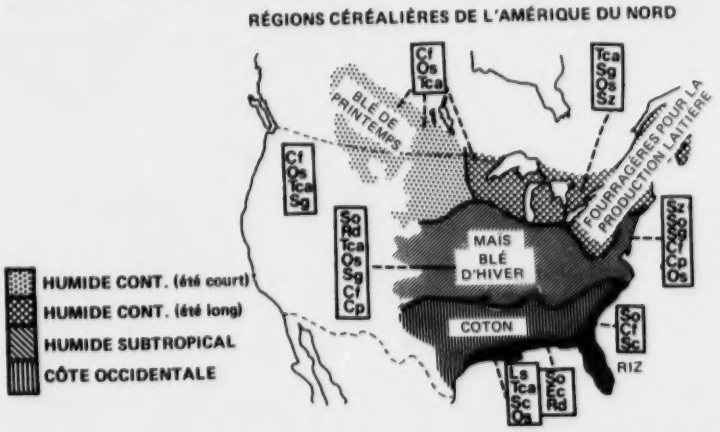


Fig. 18 Principales régions céréalières du Canada et des États-Unis et liste des principaux ravageurs par ordre d'importance dans certaines régions. Les abréviations des noms des espèces sont: Cf, *Cryptolestes ferrugineus*; Os, *Oryzaephilus surinamensis*; Tca, *Tribolium castaneum*; Sg, *Sitophilus granarius*; So, *Sitophilus oryzae*; Rd, *Rhyzopertha dominica*; Cp, *Cryptolestes pusillus*; Ls, *Lasioderma serricorne*; Sc, *Sitotroga cerealella*; Ec, *Ephestia cautella*; Sz, *Sitophilus zeamais*.

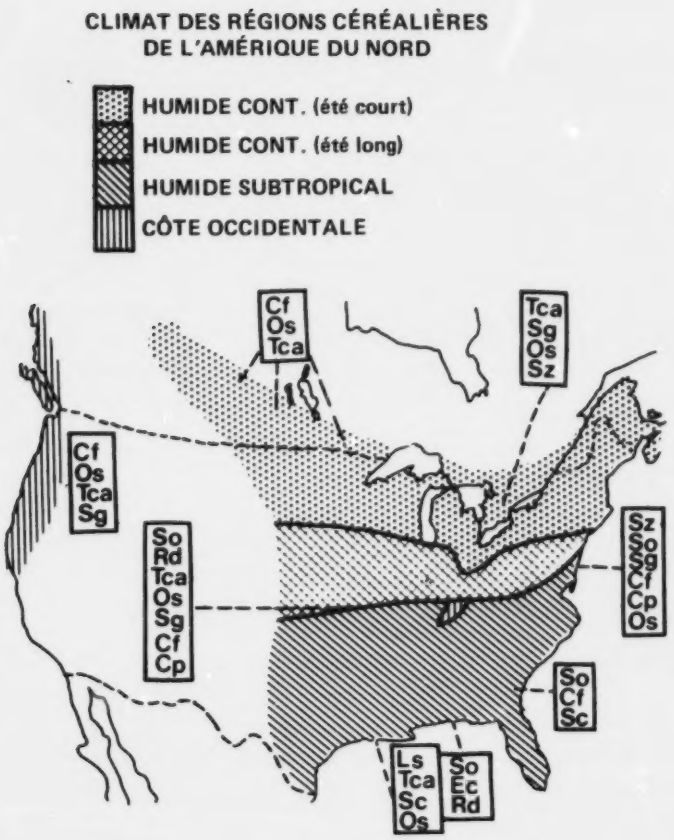


Fig. 19 Régions climatiques du Canada et des États-Unis. Estimation de l'ordre d'importance des grands ravageurs de certaines régions. Les abréviations des noms des espèces sont: Cf, *Cryptolestes ferrugineus*; Os, *Oryzaephilus surinamensis*; Tca, *Tribolium castaneum*; Sg, *Sitophilus granarius*; So, *Sitophilus oryzae*; Rd, *Rhyzopertha dominica*; Cp, *Cryptolestes pusillus*; Ls, *Lasioderma serricorne*; Sc, *Sitotroga cerealella*; Ec, *Ephestia cautella*; Sz, *Sitophilus zeamais*.

Sitophilus granarius s'ajoute à ce groupe. Dans les États producteurs de blé d'hiver comme le Kansas ainsi que dans les États tels que le Iowa, l'Illinois et l'Indiana où l'on cultive du blé et du maïs, *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* et *T. castaneum* sont au nombre des ravageurs importants. Dans la ceinture du maïs, *Sitophilus zeamais* domine. Dans les régions humides subtropicales du sud, sur la côte du golfe, *Lasioderma serricorne*, *T. castaneum*, *Sitotroga cerealella*, *O. surinamensis* et *Sitophilus oryzae* se placent parmi les ravageurs les plus importants.

Facteurs atténuant l'effet des conditions climatiques

Si l'on connaît les conditions climatiques d'une région géographique donnée, il est possible d'estimer l'activité des insectes ravageurs des denrées entreposées; il faut cependant tenir compte des facteurs qui atténuent habituellement les effets du climat. La taille de la masse de grains et les installations d'entreposage sont deux points importants. En effet, plus la masse de grains est volumineuse, plus les insectes sont protégés des intempéries. Les effets des conditions climatiques sont donc plus prononcés dans le grain entreposé dans de petites installations. En simulant à l'ordinateur la température ambiante dans des structures métalliques circulaires de tailles diverses remplies de blé, on voit que l'effet de la température est surtout marqué dans les petites structures pouvant mesurer jusqu'à 4 m de diamètre. À Winnipeg, dans un silo de 4 m de diamètre où sont entreposées à 25 °C des céréales fraîchement récoltées, il faut 90 jours pour que la température au centre baisse à moins de 20 °C. Dans un silo de 6 m de diamètre, il faut 150 jours; de 8 m, 225 jours; de 10 m, 329 jours et de 12 m, 553 jours. C'est dans des régions à climat tempéré comme celles de Winnipeg et de Thunder Bay que les céréales refroidissent le plus vite et demeurent froides le plus longtemps. Dans les villes côtières à climat plus doux comme Montréal et Vancouver, les céréales refroidissent moins vite.

CHAPITRE 3 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES INSECTES

Les insectes (classe des Insectes) sont les plus prospères parmi les ravageurs des denrées alimentaires. Pour combattre ou prévenir les infestations, il faut connaître leur structure, leurs fonctions et leurs principales caractéristiques. Il est essentiel de bien comprendre la biologie des insectes ravageurs pour mettre au point des stratégies qui permettent de les combattre efficacement. La plupart des insectes adultes se distinguent facilement des autres formes animales par leur structure particulière: ils ont trois paires de pattes segmentées (habituellement, cinq segments par patte); leur corps est divisé en trois parties distinctes – la tête, le thorax et l'abdomen; enfin, ils portent une paire d'antennes et une ou deux paires d'ailes.

Les insectes forment un groupe très ancien; on sait en effet qu'ils existent depuis environ 350 millions d'années, tandis que l'apparition de l'homme date de moins de deux millions d'années. Les insectes sont les animaux les plus nombreux et les plus répandus sur notre planète; on connaît environ 1,6 million d'espèces animales et sur ce total, quelque 900 000 sont des insectes. S'ils sont devenus le groupe animal dominant du milieu terrestre, c'est parce qu'ils ont mis à profit l'avantage mécanique que leur confère l'enveloppe chitineuse dure (exosquelette) qui couvre leur corps et à l'intérieur de laquelle s'attachent les muscles qui leur permettent de se mouvoir et de voler; cette enveloppe constitue en outre une barrière presque parfaite qui réduit les pertes d'eau et protège les viscères. Si les insectes ont pu survivre et dominer d'autres formes vivantes avec lesquelles ils sont en compétition, c'est en grande partie grâce à cinq grandes spécialisations: taille réduite, ailes fonctionnelles permettant de voler, structures adaptées à diverses fonctions, métamorphose complète (changement fondamental de la forme pouvant comprendre jusqu'à quatre stades), grande fécondité et capacité d'adaptation poussée.

Pour faciliter l'étude des insectes, on les a systématiquement classifiés. Par exemple, le tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* (Herbst), fait partie du règne animal. Dans la nomenclature binominale bien établie du naturaliste suédois Linné, sa position exacte se lit comme suit: embranchement: Arthropoda (invertébrés à pattes articulées); classe: Insecta (Hexapoda); ordre: Coléoptères; famille: Ténébrionidés; genre: *Tribolium*; espèce: *castaneum*; et l'auteur (nom de la personne qui a décrit l'espèce): (Herbst).

Il est d'usage partout dans le monde d'écrire le nom scientifique du genre et de l'espèce en italiques, avec une majuscule au début du nom du genre (mais non de l'espèce). Lorsque le nom scientifique est suivi de celui de la personne qui a décrit l'espèce, c'est parce que celle-ci était auparavant classée dans un autre genre. Ces règles ne s'appliquent cependant pas au nom vernaculaire, celui-ci pouvant varier d'un pays à l'autre. Par exemple, *T. castaneum* est connu sous le nom de tribolium rouge de la farine en Amérique du Nord tandis qu'en Grande-Bretagne il s'appelle tribolium roux de la farine. Les principaux traits structuraux des insectes sont la morphologie externe et la morphologie interne.

La morphologie externe comporte un corps divisé en trois parties distinctes, soit la tête, le thorax et l'abdomen. La tête porte une paire d'antennes. Les pièces buccales servent à mastiquer, sucer ou laper et sont constituées de mandibules (mâchoires véritables pourvues de dents), de maxilles (mâchoires accessoires), d'un labre (lèvre supérieure) et d'un labium (lèvre inférieure). Le thorax (qui se compose de trois segments) porte trois paires de pattes articulées et habituellement une ou deux paires d'ailes. La patte se compose des éléments suivants: coxa (segment basal), trochanter, fémur, tibia et tarse (pied). L'abdomen comporte 11 segments ou moins; la partie terminale est modifiée pour former les organes génitaux.

La morphologie interne comporte le tube digestif qui est formé de la cavité buccale, avec les glandes salivaires, de l'intestin antérieur, de l'estomac et de l'intestin postérieur. L'appareil circulatoire est formé d'un cœur allongé pourvu sur les côtés d'ostioles (orifice généralement fermé par une valvule) et d'une aorte antérieure; il n'y a ni veines ni capillaires. Les lacunes entre les viscères forment l'hémocèle (cavité dans laquelle circule le sang). L'appareil respiratoire se compose normalement de trachées (tubes) tapissées de chitine qui forment des embranchements; l'oxygène y est transporté depuis les stigmates, orifices qui s'ouvrent sur les deux côtés du thorax et de l'abdomen, directement jusqu'aux tissus. Le système nerveux se compose des ganglions sus-œsophagien et sous-œsophagien reliées à une double chaîne nerveuse ventrale; chaque segment comporte un ou deux ganglions. Au nombre des organes sensoriels, mentionnons les yeux composés et simples (ocelles), des chémorécepteurs pour l'olfaction sur les antennes et pour le goût autour de la bouche ainsi que différents poils tactiles. Les sens sont séparés.

Le système de reproduction est formé des gonades, tubules multiples comportant un canal médian dans la partie postérieure. La fertilisation est interne. Les œufs sont riches en vitellus et recouverts d'une enveloppe protectrice. Le développement comporte le processus appelé métamorphose qui comprend une série de changements que subit l'insecte avant d'arriver à la forme adulte à partir de l'œuf. La métamorphose complète comprend plusieurs stades larvaires, un stade nymphal et l'adulte. La métamorphose est incomplète lorsque le développement comporte plusieurs stades nymphaux semblables à la forme adulte. Certains insectes se reproduisent par parthénogénèse (reproduction asexuée).

Bon nombre des quelque 600 espèces d'insectes ravageant les denrées entreposées appartiennent à l'ordre des Coléoptères. L'ordre des Lépidoptères (papillons) vient en second lieu; suivent les ordres des Psocoptères (Psocidés ou psoques, poux des livres), Thysanoures (par ex., lépisme argenté) et Dictyoptères (blattes). Les acariens, membres de la classe des Arachnides, ordre des Acariens sont également des ravageurs communs, souvent très destructeurs, des denrées entreposées. Les acariens sont plus petits que les insectes (ils mesurent habituellement moins de 1 mm) et leur corps compact et globuleux comprend deux parties, le céphalothorax et l'abdomen, qui ne sont pas segmentées. La plupart des acariens ont quatre paires de pattes aux stades adulte et nymphaux et trois paires au premier stade larvaire.

Ordre des Coléoptères

Les Coléoptères sont les ravageurs les plus communs et les plus destructeurs des denrées entreposées. Regroupant plus de 330 000 espèces décrites, il est aussi le groupe le plus important de la classe des Insectes. Bien qu'un grand nombre de Coléoptères s'attaquent aux denrées entreposées, environ 25 espèces seulement sont considérées comme des ravageurs d'importance. On reconnaît les adultes à leurs ailes antérieures dures, cornées et friables appelées élytres. Généralement, lorsqu'elles sont repliées les élytres sont contiguës et dessinent une ligne droite sur l'abdomen; elles recouvrent alors les ailes postérieures (souvent atrophiées) à la façon d'un étui. Les antennes, composées de dix ou onze articles, ont des formes diverses; elles sont généralement filiformes, en massue ou géniculées (en coude). Les pièces buccales sont faites pour broyer. Le tarse se compose généralement de cinq articles, mais n'en compte souvent que trois ou quatre. Le cycle de reproduction des Coléoptères comporte quatre stades distincts: l'œuf, la larve, la pupe et l'adulte.

Les larves de Coléoptères (généralement vermiformes) présentent les traits distinctifs suivants: petite tête caractéristique de couleur plus foncée que le corps; celui-ci est généralement blanc ou jaunâtre; pièces buccales broyeuses bien développées; de un à six ocelles (œil simple) de chaque côté de la tête; les yeux composés font défaut; thorax portant trois paires de pattes; abdomen dépourvu de fausses pattes. La larve des charançons (famille des Curculionidés) échappe toutefois à la règle. Apode, elle est courte et compacte et ses mandibules pincent à l'horizontale. Les larves apodes des Diptères (mouches et moustiques) ont une tête caractéristique; il y en a parfois dans les denrées en voie de décomposition et il arrive qu'on les confonde avec des larves de Coléoptères. Les larves de Diptères (vermiformes) sont minces et allongées; leurs mandibules pincent à la verticale. Parmi les familles de Coléoptères comptées au nombre des ravageurs d'importance, mentionnons les Ténébrionidés, Curculionidés, Cucujidés, Bruchidés, Dermestidés, Bostrichidés, Nitidulidés, Ptinidés et Lathridiidés.

La période de croissance des Coléoptères ravageurs des denrées entreposées varie de quelques semaines à plus d'un an. Chez certaines espèces, le stade larvaire est plus long que les autres stades du cycle. Les larves font généralement plus de ravages que les adultes dans les denrées entreposées.

En plus de dévorer les récoltes entreposées en vrac, les Coléoptères exercent un autre type d'action nuisible; en effet, lorsqu'ils sont assez nombreux, leur respiration fait augmenter l'humidité et la température du milieu. Par suite de ce réchauffement, se manifestant par ce qu'on appelle populairement « des points chauds », la qualité des céréales baisse puisque le pouvoir germinatif des grains est réduit, les champignons et les bactéries se multiplient, le grain est brûlé et sa teneur en acides gras libres s'élève. L'importance des dommages varie selon l'espèce d'insecte ravageur, son taux d'accroissement, la voracité des larves, la température, l'humidité et la valeur nutritive de la denrée entreposée.

Ordre des Lépidoptères (papillons)

Seules quelques-unes des quelque 165 000 espèces de Lépidoptères décrites infestent les denrées entreposées. La taille des Lépidoptères adultes est variable. Les larves ont des pièces buccales broyeuses. Les adultes ont une longue trompe par laquelle ils aspirent des liquides; leurs antennes sont longues. Ils ont deux paires d'ailes membraneuses habituellement larges, parcourues de quelques nervures et couvertes d'écailles microscopiques qui se chevauchent. Le corps, écailleux ou poilu, est terne ou brillant. Les larves, ou chenilles, ont la tête bien développée. Leur corps comporte trois segments thoraciques et dix segments abdominaux. Elles sont vermiformes et portent trois paires de pattes thoraciques à cinq articles et sept paires de fausses pattes, six du troisième au sixième segment abdominal et une sur le dixième. Les fausses pattes portent plusieurs dents apicales incurvées (crochets), habituellement disposées en cercle. Au moyen de la soie qu'elle produit dans deux glandes situées sur le labium, la larve fabrique un cocon pour se chrysalider. Les Lépidoptères qui infestent les produits agro-alimentaires entreposés sont tous des insectes habituellement nocturnes. Bien que leur vie soit brève (4-10 jours environ), ils sont faciles à identifier; seules les larves font des ravages dans les denrées entreposées.

Après l'accouplement, la femelle dépose ses œufs à l'intérieur des denrées entreposées ou en surface et les larves qui éclosent s'en nourrissent. La soie que celles-ci produisent en abondance est le premier signe visible de l'infestation. Souvent, des excréments y restent attachés. Parvenues à maturité, les larves se glissent dans une anfractuosité où elles se chrysalident. La chrysalide des papillons ravageurs des denrées entreposées est enveloppée dans un cocon de soie fabriqué par la larve avant la transformation. Dans les installations d'entreposage où il fait chaud, il peut y avoir plusieurs générations chez les Lépidoptères, quelles que soient les variations saisonnières des conditions météorologiques. Certaines espèces sont en diapause, c'est-à-dire en période d'inactivité, pendant une certaine partie de l'année.

Ordre des Psocoptères (psocidés ou psoques, poux des livres)

Les psocidés sont de petits insectes, parfois même minuscules, relativement complexes qui se déplacent très vite. Un grand nombre d'espèces appartenant à ce groupe infestent les denrées entreposées, mais leurs ravages peuvent être négligeables au point de vue économique. Les antennes des psocidés ont la forme d'un long filament mince et comportent de 13 à 50 segments. Ils ont des pièces buccales broyeuses. Le prothorax est petit. Certaines espèces ont quatre ailes membraneuses nervurées, d'autres (dont plusieurs parmi les espèces qui infestent les denrées entreposées) n'en ont pas. Au repos, les ailes sont disposées en toit sur l'abdomen. Les femelles n'ont pas d'ovipositeur. La métamorphose est incomplète ou inexistante, les formes des premiers stades étant semblables à l'adulte: elles n'ont pas d'ailes. On trouve des petits psocidés (1 mm) brun foncé, gris ou blanc jaunâtre en abondance dans la farine et les produits céréaliers en vrac qui veillissent, surtout

si ces produits sont infestés par des moisissures ou s'ils sont humides. Les psocidés se nourrissent des poussières de grain et des champignons qui poussent sur ce dernier; ils gâtent les denrées en les souillant de leurs excréments. Leur présence est un signe de détérioration.

Ordre des Hyménoptères (abeilles, guêpes et fourmis)

L'ordre des Hyménoptères comprend non seulement les abeilles et les fourmis, mais aussi plusieurs guêpes parasites qui s'attaquent aux larves de nombreux Coléoptères et papillons ravageurs des denrées entreposées. En général, l'Hyménoptère adulte a deux paires d'ailes membraneuses; toutefois, certaines guêpes parasites sont aptères. Leurs pièces buccales sont faites pour broyer ou pour broyer et laper. Dans bien des cas, les femelles ont un ovipositeur, long ou court, avec lequel elles peuvent scier, percer ou piquer. Les larves ont des pattes comme les chenilles ou sont apodes. Les nymphes sont habituellement dans des cocons. La métamorphose est complète: œuf, larve, nymphe et adulte. La plupart des espèces sont solitaires, mais certaines vivent en colonies; d'autres, notamment celles qui infestent les denrées entreposées, sont des parasites au stade larvaire et se développent à l'intérieur d'autres insectes. Les guêpes parasites adultes sont petites (1 mm environ) et se voient souvent en grand nombre dans les fenêtres et les portes des entrepôts de denrées infestées par des insectes. Leur présence indique habituellement que certains Coléoptères ou papillons, qui leur servent d'hôtes, ont infesté les denrées. Au nombre des Hyménoptères parasites de ravageurs les plus communs on compte: *Bracon hebetor* Say (fam. des Braconidés), *Cephalonomia waterstoni* Gahan (fam. des Béthylidés) et *Holepyris hawaiiensis* (Ashmeal) (fam. des Béthylidés).

CHAPITRE 4 CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES DES INSECTES RAVAGEURS DES DENRÉES ENTREPOSÉES

Bien qu'on ait accumulé quantité de renseignements sur la distribution, la biologie et l'écologie d'environ 100 espèces d'insectes infestant les denrées entreposées dans le monde, il est souvent impossible d'utiliser ces données pour les raisons suivantes: elles sont dispersées dans l'ensemble de la documentation internationale rédigée dans beaucoup de langues; elles ne sont pas toutes également fiables; et dans certains cas, les données concernant un seul et même insecte sont parues sous différents synonymes du nom de l'espèce. Au tableau 1, on donne la liste alphabétique de 106 insectes qui infestent les denrées entreposées. Dans les neuf autres colonnes du tableau, on trouvera des données publiées relativement fiables sur leur distribution, leur classe, le type de denrées qu'ils infestent et leurs principales caractéristiques biologiques et écologiques. Même si ce tableau a été revu par plusieurs entomologistes spécialisés dans l'étude des insectes qui infestent les denrées entreposées (voir la préface), cela ne signifie pas pour autant que chacun des spécialistes consultés a vérifié ou approuvé toutes les données présentées. Dans certains cas, il a fallu trancher arbitrairement certaines questions ayant trait à la nomenclature ou à des résultats contradictoires tirés d'études scientifiques différentes.

Titres des colonnes du tableau 1

En regard d'un bon nombre d'espèces figurent une ou plusieurs mentions dans la plupart des colonnes. Ce manque d'uniformité vient de ce que l'on a tiré des données expérimentales fragmentaires de sources diverses. On s'est surtout attaché à présenter des données exactes, sans se préoccuper du fait qu'elles soient complètes ou non.

Distribution géographique

Comme tous les insectes qui ravagent les denrées entreposées sont capables de se propager d'un continent (ou d'un pays) à l'autre en raison des systèmes de transport modernes, aucune espèce en particulier ne peut être considérée comme vraiment régionale parce qu'on a constaté sa présence à une ou à plusieurs occasions. Dans ce tableau, les insectes sont donc placés arbitrairement soit dans la catégorie cosmopolite suivant deux grandes zones climatiques, dans la catégorie de la zone tempérée ou de la zone tropicale-subtropicale. Lorsqu'une espèce a été observée à plusieurs reprises et qu'elle a survécu, hiverné et s'est multipliée dans les denrées entreposées dans une zone donnée, mais nulle part ailleurs, on considère qu'elle est limitée à cette zone.

Tableau 1. Insectes des denrées entreposées

Espèces	Distrib. géogr.*	Classe de rav.†	Denrées infestées‡	Temp. de croissance (°C)§	HR de croissance (%)§	Durée du cycle (jours)	Longevité de l'adulte (jours)	Accroissement (4 sem.)	Indice d'adaptabilité (I_a)
Acanthoscelides obtectus (Say)	C	1	P	R 15–34 F 30	R 30–90 F 70–80	30	4–37	25	275
Ahasverus advena (Waltl)	C	2	C,O,V,P	25–30	R 60–100	17–24	275–301		
Alphitobius diaperinus (Panzer)	C	2	C,V	25–35	F 80–95	35			
Alphitobius laevigatus (Fabricius)	C	2	C,V	25–35	F 80–95	35			
Alphitophagus bifasciatus (Say)	C	2	V	25					
Anthrenus verbasci (Linnaeus)	Te, C	2	V,C	22		251–351	13–44		
Aphomia gularis (Zeller)	C	2	D,V,C	22					
Araecerus fasciculatus (De Geer)	Tr, C	1	P,V,D,C	M 22 F 28–32	M 65 R 50–100 F 80	49	40–60	40	360
Attagenus pellio (Linnaeus)	Te	2	V,C	22		365+			

Attagenus unicolor (Brahm)	C	2	V,C	22–25		272–694	14–38		
Bruchus pisorum (Linnaeus)	C	1	P			60	730		
Bruchus rufimanus Boheman	Tr	1	P						
Callosobruchus analis (Fabricius)	Tr	1	P	R 22–35 F 30–33	M 1 F 70	26–94	5–59	25	
Callosobruchus chinensis (Linnaeus)	Tr, Te	1	P	R 19–33 F 28–32	R 30–100 F 90			30	315
Callosobruchus maculatus (Fabricius)	C	1	P	R 18–35 F 30–32	R 10–90 F 70	21–170	5–46	50	550
Callosobruchus rhodesianus Pic	Tr	1	P	M 16 F 27–31	M 1 F 70	25–107		20	230
Carpophilus dimidiatus (Fabricius)	C	2	D,V,C,O	M 6 F 33	R 70–100	15			
Carpophilus freemani Dobson	Tr	2	D,V,C						
Carpophilus hemipterus (Linnaeus)	C	2	C,D,O,P,V	M 19 F 31–34	M 50	16–125	365	50	550
Carpophilus ligneus Murray	C	2	D,V						
Carpophilus lugubris Murray	Tr	2	D,V,C			14			

Tableau 1. Insectes des denrées entreposées *(suite)*

Espèces	Distrib. géogr.*	Classe de rav.†	Denrées infestées‡	Temp. de croissance (°C)§	HR de croissance (%)§	Durée du cycle (jours)	Longevité de l'adulte (jours)	Accroissement (4 sem.)	Indice d'adaptabilité (I_a)
Carpophilus maculatus Murray	C	2	C,O,D,V						
Carpophilus marginellus Motschulsky	C	2	V,D						
Carpophilus mutilatus Erichson	Tr	2	D			14			
Carpophilus obsoletus Erichson	Tr		D,C,V,P			60–90	168–207		
Carpophilus pallipennis (Say)	Tr	1	C,V						
Caryedon serratus (Olivier)	Tr	1	P,O,V	M 22 F 28–30	M 30 F 70	42		6	42
Cathartus quadricollis (Guérin-Méneville)	C	2	C	28		21			
Caulophilus oryzae (Gyllenhal)	C	2	C,V			30	152		
Corcyra cephalonica (Stainton)	C	1	C,D,O,V	R 17–35 F 28–32	R 15–90 F 70	28–93	3–22	10	110
Cryptolestes capensis (Waltl)	C	2	C,P,V	M 18 F 27–31	M 1			10	105

Cryptolestes ferrugineus (Stephens)	C	1	C,O,V	R 20–40 F 33	R 40–95 F 70–80	21	180–270	60	570
Cryptolestes pusilloides (Steel & Howe)	C	2	V,C	M 18 F 27–31	M 60		180–270	10	105
Cryptolestes pusillus (Schönherr)	C	1	C,V,P	R 18–38 F 28–33	R 45–100	22–43	80–600	10	100
Cryptolestes turcicus (Grouvelle)	C	1	C,V	M 21 R 18–38 F 30–35	R 45–100 F 90	30	180–270	50	475
Cryptolestes ugandae (Steel & Howe)	Tr		C,P,V	M 20 F 28–32	M 50	15			150
Cynaeus angustus (LeConte)	Te	2	V,C	F 30	F 73	53–65			
Dermestes ater De Geer	C	2	C,V	F 27–29		37–53	90		
Dermestes frischi Kugelmann	C	3	V	M 22 F 31–34	M 50		90	30	285
Dermestes lardarius Linnaeus	C	2	V	F 18–20		45–60	60–90		
Dermestes maculatus De Geer	C	3	V	M 20 F 30–35	M 30 F 70	44–70	90	30	360
Endrosis sarcitrella (Linnaeus)	Te, C	2	C,V,P,D	M 10 F 24–26	M 80	56		30	330
Ephestia calidella (Guenee)	C	1	P,D	R 14–30 F 25–30	R 20–90 F 70	24–80		20	230

Tableau 1. Insectes des denrées entreposées *(suite)*

Espèces	Distrib. géogr.*	Classe de rav.†	Denrées infestées‡	Temp. de croissance (°C)§	HR de croissance (%)§	Durée du cycle (jours)	Longevité de l'adulte (jours)	Accroissement (4 sem.)	Indice d'adaptabilité (I_a)
Ephestia cautella (Walker)	C	1	C,D,V	M 15 F 28–32	R 20–90 F 70	25–145	2–26	50	575
Ephestia elutella (Hübner)	C	1	V,C,D,O	M 10 F 25	M 30 F 70	29–383	4–16	15	165
Ephestia figulilella Gregson	C	2	D,V,C	R 17–30 F 30	F 70–90	24–139	11–16		
Ephestia kuehniella Zeller	C	1	V,C,D,P	R 12–30 F 24–27	R 0–80 F 75	30–420	7–21	50	600
Gibbium psylloides (Czenpinski)	C	3	V	M 20 F 31–34		45	120–730	4	42
Gnatocerus cornutus (Fabricius)	C	1	V,C,O	M 16 F 24–30	M 40	57	365	15	180
Gnatocerus maxillosus (Fabricius)	Tr	2	V,C	R 18–35 F 24–30	R 6–100	34–40	365		
Haptoncus luteolus (Erichson)	Tr	2	D,V			14			
Hofmannophila pseudospretella (Stainton)	Te	2	C,P,D,V	M 13 F 24–26	M 80	365	7–12	2	19
Lasioderma sericorne (Fabricius)	C	2	P,C,V,O	R 20–37 F 30	R 22–100 F 70	26–105	6–42	20	200

Latheticus oryzae Waterhouse	C	2	V,C,D	M 26 F 33–37	M 30 F 70	29–37		10	95
Lathridius minutus (Linnaeus)	Te	2	V	27	80	24-30			
Liposcelis bostrychophilus Badonnel	C	2	V,C	27	70	21–23	72–144	22.5	
Lophocateres pusillus (Klug)	Tr	2	P,C,V,D	M 17.5 F 30	75	70			
Lyctus brunneus (Stephens)	C	3	V			90–365			
Mezium affine Boieldieu	Te	3	V	M 20 F 29–33	R 30–80		180–730	2.5	24
Mezium americanum (Laporte)	C	3	V	25	R 50–90		180–730		
Mycetaea hirta (Marsham)	Tr	2	V,C						
Necrobia ruficollis (Fabricius)	C	2	V,O,D	M 8		30–150	45–225		
Necrobia rufipes (De Geer)	C	2	V	M 22 F 30–34	M 50	30–45	420	25	250
Nemapogon granella (Linnaeus)	Te	1	C,V	R 7–27 F 25	R 65–95 F 90	70	14–20		
Niptus hololeucus (Faldermann)	Te, C	2	V,C	M 10 F 19–23	M 50		180–730	2	21

Tableau 1. Insectes des denrées entreposées *(suite)*

Espèces	Distrib. géogr.*	Classe de rav.†	Denrées infestées‡	Temp. de croissance (°C)§	HR de croissance (%)§	Durée du cycle (jours)	Longevité de l'adulte (jours)	Accroissement (4 sem.)	Indice d'adaptabilité (I_a)
Oryzaephilus mercator (Fauvel)	C	1	P,C,V,D	R 18–38 F 30	R10–90 F 70	25	180–300 (up to 1080)	20	210
Oryzaephilus surinamensis (Linnaeus)	C	1	C,V,P,D	R 18–37.5 F 31–34	R 10–90 F 90	20	180–300 (up to 1080)	50	500
Palorus ratzeburgi (Wissmann)	C	2	C,P,O,D,V	R 17–37 F 27–35	R 20–90 F 50–80	25–114	60–90		
Palorus subdepressus (Wollaston)	C	2	C,V	M 17.5 R 17–35 F 30–32	R 50–90 F 80	30–141			
Pharaxonotha kirschi Reitter	Tr	1	C,V			32–145			
Platydema ruficorne (Sturm)	Te	2	C,V						
Plodia interpunctella (Hübner)	C	1	C,O,D,V	R 18–33 F 26–29	R 25–95 F 70	26	5–13	30	330
Prostephanus truncatus (Horn)	Tr	1	C	R 18–37 F 25–32	R 40–90 F 80	24–167	45–168	25	
Pseudorostus hilleri (Reitter)	Te		V	M 15 F 19–21	M 50		180–730	2.5	15

Ptinus clavipes Panzer	C	2	V	M 10 F 20–27	M 50 F 70	180–270	180–730	1+	10
Ptinus fur (Linnaeus)	C	2	V,C	M 10 F 21–25	M 50 F 70	132–358		2	23
Ptinus ocellus Brown	C	2	V,D,P	M 10 F 20–25	M 50 F 80–90	67	180–730	4	42
Ptinus pusillus Sturm	Te	2	V	M 19 F 22	M 50		180–730	1+	5
Ptinus sexpunctatus Panzer	C	2	V	M 19 F 26–30	M 50		180–730	1+	9.5
Ptinus villiger (Reitter)	Te	2	V,C	M 10 F 20–25	M 40 F 80–90	58	180–730		
Pyralis farinalis (Linnaeus)	C	2	C,V,P	27–30	70–80	42–56	7–21		
Pyroderces rileyi (Walsingham)	Tr	1	C,V						
Rhyzopertha dominica (Fabricius)	Tr, C	1	C,V,P	R 18–39 F 32–34	R 25–70 F 50–60	25	120–240	20	190
Sitophilus granarius (Linnaeus)	Te	1	C	M 15 F 26–30	M 50 F 70	28–43	100–432	15	172.5
Sitophilus oryzae (Linnaeus)	C	1	C,P	R 17–34 F 26–31	R 45–100 F 70	24–96	150–730	25	275
Sitophilus zeamais Motschulsky	C	1	C	R 17–34 F 27–31	R 45–100 F 70		80–150	25	

Tableau 1. Insectes des denrées entreposées *(fin)*

Espèces	Distrib. géogr.*	Classe de rav.†	Denrées infestées‡	Temp. de croissance (°C)§	HR de croissance (%)§	Durée du cycle (jours)	Longevité de l'adulte (jours)	Accroissement (4 sem.)	Indice d'adaptabilité (I_a)
Sitotroga cerealella (Olivier)	C	1	C	R 16–35 F 26–30	R 25–80 F 75	30–63	10–30	50	550
Stegobium paniceum (Linnaeus)	C	2	C,V	R 15–35 F 25–28	R 30–100 F 95	40	13–85	7.5	67.5
Stethomezium squamasum Hinton	Tr	2	V	M 19 F 25–29	M 50		180–730	3	21
Tenebrio molitor Linnaeus	C	2	C,V	R 18–30 F 24–27	R 60–95 70	120–1080	15–90		
Tenebrio obscurus Fabricius	C	2	C,V	25			15–90		
Tenebroides mauritanicus (Linnaeus)	C	1	C,D,V	M 15 F 28–30	F 70–80	70–400	180–660		
Thylodrias contractus Motschulsky		3	V			365	1080–1460		
Tipnus unicolor (Piller & Mitterpacher)	Te	2	V,C	M 12 F 16–18	M 60 F 80–90		180–730	1.5	9
Tribolium audax Halstead	Te	2	V,C	21–35 32	50–72	41–80	68–97		
Tribolium castaneum (Herbst)	C	1	O,C,V	R 20–40 F 32–35	R 10–95 F 70–75	20–30	335–540	70	700

Tribolium confusum Jacquelin du Val	C	1	C,V	R 20–38 F 30–33	R 10–100 F 70	20–54	730–1080	60	570
Tribolium destructor Uyttenboogaart	C	1	V,C	R 13–30 F 30–32	R 10–99 F 70–75	28–212	290–1460		
Tribolium madens (Charpentier)	C	2	C,V	R 22–35 F 30–35	R 10–90 F 65–90	25–30			
Trigonogenius globulus Solier	Te	3	V	M 18 F 22–24	M 50		180–730	2.5	15
Trogoderma glabrum (Herbst)	Te	2	C,V,P	F 27–38		50			
Trogoderma granarium Everts	C	1	O,C	R 24–41 F 33–37	R 1–73 F 25	25–310	3–19	12.5	131
Trogoderma variabile (Ballion)	Te	2	C,D,P,V	R 17.5–37.5 F 30	F 70	45	8–58		
Typhaea stercorea (Linnaeus)	C	2	V,C,D,P						
Urophorus humeralis (Fabricius)	C	2	D,V,C	32		16	64		
Zabrotes subfasciatus (Boheman)	Tr	1	P	R 20–35 F 29–33	R 10–90 F 70	24–100	4–65	20	190

* C, cosmopolite; Te, tempéré; Tr, tropical–subtropical.
† 1, primaire; 2, secondaire; 3, autre association.
‡ C, céréales; P, légumineuses; O, oléagineuses; D, fruits séchés; V, denrées et champignons divers.
§ M, minimum; R, étendue; F, optimum.

Classes de ravageurs

Les classes de ravageurs ont été établies essentiellement d'après deux sources: Cotton et Wilbur (1974) et Prevett (1970).

Denrées infestées

En regard de chaque espèce, on indique une ou plusieurs catégories de denrées, bien que l'insecte puisse infester plus d'un type de céréales, d'espèces de microflore ou de débris. La catégorie des céréales regroupe les récoltes de féculents tels que le blé, l'orge, le maïs, le riz et les produits qui en dérivent. La catégorie des légumineuses comprend les haricots et les graines d'autres légumineuses. Celle des oléagineuses regroupe notamment les graines de colza et de tournesol. Dans la catégorie des fruits séchés on retrouve les dattes et les raisins. La catégorie des denrées et des champignons comprend diverses denrées entreposées, des champignons, des débris et d'autres produits organiques en décomposition. La catégorie pour laquelle l'insecte montre le plus de prédilection figure en premier.

Température de croissance

Dans tous les cas où nous avions des données, nous avons indiqué les températures (en degrés Celsius) auxquelles l'insecte peut se développer, depuis l'œuf jusqu'à la forme adulte. Les lettres majuscules qui précèdent la température signifient la température minimale, l'étendue et la température optimale (une seule valeur ou deux valeurs limites). L'absence de symbole indique qu'une seule température ou un seul ensemble de températures figuraient dans les publications.

Humidité relative de croissance

Dans tous les cas où nous avions des données, nous avons indiqué les valeurs d'humidité relative auxquelles peut s'accomplir le cycle d'une espèce, depuis la ponte des œufs jusqu'à l'apparition d'insectes adultes. L'absence de lettre symbole indique que les limites n'ont pas été établies.

Durée du cycle

La durée du cycle de reproduction de l'insecte, depuis la ponte de l'œuf jusqu'à l'apparition de l'adulte, est indiquée en jours. L'utilisation de deux valeurs indique l'étendue du cycle lorsque les conditions sont favorables ou qu'elles permettent à l'insecte d'accomplir un cycle complet. L'utilisation d'une seule valeur signifie qu'une seule donnée, que l'on présume correspondre aux conditions favorables, a été publiée.

Longévité de l'adulte

La durée de la vie de l'insecte adulte depuis son éclosion jusqu'à sa mort est indiquée en jours. Si l'on ne donne qu'une seule valeur, elle représente la longévité moyenne dans des conditions favorables. La présence de deux valeurs indique l'étendue de survie dans des conditions favorables lorsque la longévité diffère selon le sexe ou lorsque les conditions peuvent devenir défavorables et induire la diapause chez les insectes.

Taux d'accroissement

Dans tous les cas où nous avions des données, nous avons indiqué le taux d'accroissement par période de 28 jours (mois lunaire).

Indice d'adaptabilité

L'indice d'adaptabilité (variant de 1 à 700) a été établi d'après la mesure en laboratoire d'un taux d'accroissement fini (λ) et des limites d'ordre physique (température et humidité relative) permettant la survie et le développement de l'insecte. Il représente la capacité d'une espèce à s'adapter aux conditions de diverses régions climatiques. Plus il est élevé, plus l'espèce est adaptable. Pour de plus amples détails, voir le chapitre 2.

CHAPITRE 5 LUTTE CONTRE LES INSECTES DES DENRÉES ENTREPOSÉES PAR DES MOYENS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

L'usage de certains des fumigants mentionnés dans ce chapitre et les suivants a été interdit au Canada depuis la présentation de ce texte. Ce sont le tétrachlorure de carbone, le disulfure de carbone, le bichlorure d'éthylène et le bibromure d'éthylène. De plus, on étudie actuellement la possibilité d'interdire les autres fumigants. Leur description a été laissée intacte dans le texte aucune décision n'ayant encore été prise à leur égard.

La machinerie de manutention et de traitement du grain dans les élévateurs des terminaux, les minoteries et autres installations de traitement des céréales offre abri et nourriture à une grande variété de ravageurs. Il est essentiel d'éliminer ces derniers pour éviter l'infestation des denrées traitées dans ces installations. Les normes sanitaires rigoureuses exigent qu'il n'y ait aucun ravageur dans les denrées destinées au marché intérieur ou à l'exportation. La nature des mesures de lutte appliquées dépend des espèces de ravageurs qu'on veut éliminer, de leur abondance, de leur distribution, de l'emplacement infesté et de la saison.

Moyens physiques

La température est un facteur physique d'importance dans la lutte contre les insectes des denrées entreposées, surtout dans les pays à climat tempéré. Lorsque la température du milieu est inférieure à la température minimale pour la reproduction, le développement et l'activité des insectes ravageurs, les denrées ne sont pas infestées. Entre 12 °C et 15 °C, la plupart des insectes adultes des denrées entreposées ne pondent plus et les œufs pondus à une température plus élevée n'éclosent généralement pas à 15 °C. De 5 °C à 10 °C, les larves se meuvent et se développent au ralenti; si la température baisse au-dessus de zéro, les nymphes des Coléoptères de la famille des Dermestidés entrent en diapause et les adultes de nombreuses espèces meurent après quelques semaines; certains survivent parfois à des températures se rapprochant de 0 °C. Dans les provinces canadiennes des Prairies, le gel qui sévit au mois de janvier agit efficacement contre les ravageurs qui infestent les minoteries. Dans certains cas, son action donne des résultats si satisfaisants qu'il remplace souvent l'application de produits chimiques. Cependant, pour que cette méthode soit vraiment efficace, il faut que toutes les parties de la minoterie soient exposées au froid, à une température généralement inférieure à −20 °C, sinon des insectes survivront dans les endroits plus chauds et réinfesteront le reste des installations.

Dans les minoteries, l'hygiène et l'assainissement sont des pratiques de gestion importantes qui doivent être combinées aux moyens physiques ou chimiques de lutte contre les ravageurs. En débarrassant les planchers, les structures et l'équipement des poussières et des débris de céréales qui s'y déposent, on prive les insectes de leur abri et de leur source de nourriture et l'on prévient ainsi l'infestation des installations de la minoterie. On recommande

à cette fin l'emploi d'aspirateurs de qualité commerciale. Avant d'éliminer ces poussières et débris, il faut les traiter par fumigation pour éviter que les insectes ne réinfestent la minoterie.

Les appareils connus sous le nom commercial « Entoleter » sont des machines à centrifugation couramment employées dans les minoteries pour détruire les insectes. Le grain, our la farine, est introduit dans le rotor central de la machine et projeté vers l'extérieur sous l'effet de la force centrifuge sur des ergots stationnaires ou en rotation. Sous la force de l'impact, les insectes sont fracassés, quel que soit leur stade de développement, si bien que l'infestation est contrée. On fabrique divers modèles d'Entoleter, selon les besoins particuliers de chaque minoterie. Les modèles utilisés au début du traitement tournent généralement moins vite (1 750 rpm) que ceux qui servent à traiter le produit fini (3 500 rpm). Les grains infestés dont la structure est affaiblie par les ravages des insectes se brisent dans l'Entoleter. Les particules de grains brisés et les fragments d'insectes sont enlevés au moyen d'un aspirateur.

Bien souvent, on retourne le grain infesté ou on le transfère dans un silo vide pour atténuer l'infestation, car à certains stades de leur développement, les insectes et les acariens résistent mal aux effets physiques du mouvement et de l'abrasion. Le retournement du grain a un effet important: il permet de perturber les poches d'infestation où les insectes produisent, par leur respiration, la chaleur nécessaire pour que leur croissance et leur reproduction soient optimales. Les insectes sont alors dispersés dans la masse du grain et peuvent se retrouver dans des conditions moins favorables.

Les contenants à l'épreuve des insectes constituent un important moyen physique de protéger le grain et les produits céréaliers moulus des infestations. On emploie des sacs de polypropylène tissé pour protéger le riz des infestations d'insectes et de rongeurs. Les emballages de cellophane, de polypropylène, d'aluminium et de polyéthylène assurent le même genre de protection.

Dans le commerce, on emploie divers types de rayonnements pour désinfester les denrées entreposées. Les rayonnements non ionisants tels l'infrarouge et les radiofréquences servent à chauffer les produits infestés à une température létale pour tous les insectes qui s'y trouvent, quels que soient l'espèce ou le stade de développment. On emploie également l'énergie lumineuse du spectre électromagnétique visible et invisible; on s'en sert pour attirer les insectes dans divers types de pièges ou pour modifier leurs activités à d'autres points de vue.

On utilise aussi des rayonnements ionisants sous forme de rayons gamma résultant de la désintégration nucléaire d'isotopes radioactifs comme le Cobalt-60 ou d'électrons à haute vitesse émis par une cathode chauffée et accélérés dans un champ électromagnétique. Les rayons gamma ayant un pouvoir de pénétration plus élevé que les électrons, ils conviennent donc mieux pour le traitement des produits emballés. Dans les installations de transformation de denrées alimentaires, les rayonnements électroniques peuvent servir à irradier les produits défilant sur un convoyeur pourvu que l'épaisseur de la couche de matière à irradier ne dépasse pas 1,7 à 3,4 cm. Les rayons gamma et les électrons accélérées stérilisent les insectes au contact, mais leur

effet létal ne se manifeste parfois que deux à trois semaines plus tard, tout dépendant de la dose absorbée et de la sensibilité des insectes.

L'aération est généralement reconnue comme un bon moyen de conserver en bon état le grain entreposé dans des structures de béton, de métal ou de bois. La surface de la masse de grain est aérée de façon naturelle par les courants d'air que produit le vent qui pénètre dans la structure d'entreposage par les aérateurs du toit et les gouttières; c'est un bon moyen de conservation dans les structures dont la capacité ne dépasse pas 25 tonnes environ. Cependant, les systèmes de ventilation pour faire circuler l'air dans l'espace intergranulaire à l'intérieur de la masse de grain, sont plus efficaces et de plus en plus utilisés. L'appareil est installé sur une conduite qui donne sur une plaque perforée dans le plancher ou sur des tuyaux perforés, l'arrangement de ce réseau variant selon la quantité de grain à aérer et les dimensions de la structure d'entreposage. Le débit de l'air peut varier de 3 à 30 m^3/h/tonne, selon les dimensions et la vitesse du ventilateur, la puissance du moteur et la résistance du grain à l'écoulement de l'air. Dans les pays à climat tempéré, l'emploi de ce genre de système permet d'abaisser la température du grain en-deçà de la limite à laquelle les ravageurs peuvent se développer et se reproduire. La ventilation mécanisée prévient également la formation de zones d'humidité où les ravageurs se concentrent et réchauffent le grain.

Dans certains pays, on a obtenu de bons résultats en aérant le grain avec des mélanges d'azote, de dioxyde de carbone et d'oxygène de façon à produire une atmosphère contrôlée dans l'espace intergranulaire. Les silos doivent être relativement hermétiques pour que la concentration des gaz demeure au niveau le plus efficace contre les insectes. Comme les silos hermétiques sont coûteux, cette méthode n'est employée que lorsque les insecticides chimiques sont difficiles à obtenir ou à appliquer, ou encore lorsqu'ils sont inefficaces parce que les insectes ont développé une résistance à leur égard.

Moyens chimiques

Les insecticides sont faciles à appliquer et relativement peu coûteux. Le traitement aux insecticides est très répandu et souvent, c'est la seule mesure de désinfestation qu'on applique régulièrement dans les silos-élévateurs à grain et les minoteries. Sans les produits chimiques, il serait impossible de respecter les normes sanitaires sur les céréales et les produits céréaliers destinés au marché intérieur et à l'exportation. Il revient aux organismes de réglementation, dont les décisions s'appuient sur les résultats de la recherche, de faire en sorte que seuls soient homologués et recommandés les insecticides conformes aux normes d'efficacité et aux normes de sécurité en ce qui a trait à l'application et à la protection du consommateur. C'est toutefois à l'utilisateur des insecticides que revient en dernier lieu la responsabilité de s'assurer que les produits chimiques dont il se sert sont manipulés et appliqués suivant les recommandations du fabricant.

On emploie deux types de produits pour désinfester les installations de transformation de céréales: les insecticides de contact et les produits de

fumigation. Dans les traitements aux insecticides de contact, les insectes meurent au contact du produit qui s'est déposé sur une surface ou qui est en suspension dans l'air. Les insecticides de contact sont généralement employés contre les insectes qui rampent ou volent dans des espaces découverts ou à la surface des structures des élévateurs à grain, minoteries et entrepôts. On peut incorporer au grain certains insecticides de contact peu toxiques pour les mammifères pour combattre ou prévenir les infestations. La fumigation s'effectue au moyen d'insecticides gazeux; elle sert à désinfester les denrées ou les structures inaccessibles avec les insecticides de contact.

Les produits chimiques anti-ravageurs peuvent être en contact direct avec les denrées entreposées ou les structures d'entreposage. Il faut donc choisir des produits qui sont conformes à certaines conditions de base pour prévenir la contamination des aliments. Idéalement, l'insecticide ou le produit de fumigation employé pour traiter les denrées est toxique pour les insectes, mais ses effets sont beaucoup moindres, sinon négligeables, pour l'être humain et les animaux à sang chaud s'il est appliqué suivant les recommandations; il ne doit pas former de produits toxiques dans les aliments traités; il doit être sûr, d'emploi facile et économique et ne doit pas réduire la valeur alimentaire des denrées; enfin, si les denrées produites conformément à des pratiques agricoles acceptables contiennent des résidus de produits chimiques, la concentration de ces résidus ne doit pas dépasser les limites fixées dans les règlements nationaux et internationaux. À cause de ces exigences très strictes, beaucoup d'insecticides éprouvés contre les ravageurs des cultures ne peuvent être employés pour traiter les denrées alimentaires. Cependant, un petit nombre de produits satisfont à la plupart des conditions de base imposées aux insecticides destinés au traitement des denrées entreposées.

La toxicité d'un insecticide pour les mammifères, sa vitesse de décomposition et sa propension à produire des métabolites toxiques sont des aspects importants à considérer lorsqu'on décide s'il est acceptable pour le traitement des denrées alimentaires entreposées. On détermine habituellement la toxicité des insecticides en les administrant à des rats, des souris ou des lapins. Le pouvoir toxique est souvent exprimé en termes d'effets aigus, chroniques et cutanés. Les effets toxiques aigus se manifestent chez le sujet par l'empoisonnement après exposition à une dose unique. Les effets toxiques chroniques se manifestent par l'empoisonnement après l'administration répétée de doses pendant une période donnée, le produit ayant un effet cumulatif qui provoque la maladie ou la mort. Les effets toxiques aigus et chroniques se manifestent lorsque le produit est ingéré, inhalé ou absorbé par la peau ou la cuticule. Les effets cutanés se manifestent lorsqu'une quantité donnée de poison, absorbée par la peau, provoque l'apparition de symptômes d'intoxication.

On détermine la toxicité d'un produit pour les mammifères d'après les symptômes que provoque chez les animaux de laboratoire une série de doses graduellement accrues. Le sujet peut mourir, être paralysé ou subir des lésions. La dose létale moyenne (DL_{50}) correspond à la quantité de produit toxique qui détruit 50 % des animaux traités. Le produit peut être incorporé aux aliments ou appliqué sur la peau de l'animal. La quantité de produit

toxique administrée s'exprime généralement en poids de produit chimique (mg) par unité de poids corporel du sujet (kg).

La toxicité des insecticides pour les insectes peut être indiquée par la DL_{50}, la DL_{95} ou la DL_{99}. Les insectes sont exposés à une série de doses graduellement accrues qu'on applique sur divers substrats (généralement du papier filtre) ou qu'on administre directement. Le nombre d'insectes neutralisés ou détruits après exposition pendant une période standard à une température donnée sert de critère pour évaluer la réaction. On teste également les insecticides au moyen d'épreuves biologiques dans lesquelles les insectes sont exposés en conditions réelles à des produits traités ou encore on évalue leur efficacité contre des infestations naturelles. La persistance d'un insecticide sur une surface est déterminée par des épreuves biologiques réalisées sur des insectes à divers moments après le traitement. Ces épreuves se complètent souvent de tests chimiques portant sur les surfaces ou le grain traité. Dans le présent chapitre, nous abordons séparément les deux grandes classes d'insecticides, soit les insecticides de contact et les produits de fumigation.

Insecticides de contact

Les insecticides de contact détruisent les insectes en pénétrant la cuticule pour ensuite perturber certains processus biochimiques dans les tissus; les insectes peuvent aussi en ingérer en se nourrissant du grain traité. Lorsqu'on applique l'insecticide sous forme de vapeur, d'aérosol, de brume ou de vaporisation, les particules en suspension dans l'air peuvent venir en contact avec l'insecte. Le plus souvent, on les vaporise à la surface des structures de façon à produire un dépôt. Certaines préparations peuvent être appliquées directement sur le grain pour prévenir les infestations durant l'entreposage. Cependant, ce traitement est surtout employé dans les fermes, lorsqu'on prévoit que la période d'entreposage sera longue.

Les insecticides de contact sont solubles dans les huiles et les lipides d'origine végétale et animale. S'ils pénètrent dans une plante ou un insecte, ils sont transportés dans divers tissus. Par exemple, ils peuvent se retrouver dans la partie germinative et dans le son de grains de blé traités; il s'en accumule très peu dans l'endosperme. Chez les insectes, les effets létaux se produisent dans les endroits où s'accomplissent les processus biochimiques et touchent parfois des réactions enzymatiques influant sur le système nerveux et le système respiratoire. La rapidité de l'action toxique dépend de la nature du produit employé et de la sensibilité de l'insecte. Ainsi, l'essence de pyrèthe paralyse rapidement les insectes; cependant, ces derniers peuvent se rétablir s'ils sont éloignés de la source d'insecticide avant d'avoir pu absorber une dose létale.

Les insecticides de contact qu'on emploie contre les insectes des céréales sont choisis en fonction des propriétés suivantes: toxicité réduite pour l'être humain et les animaux à sang chaud, mais élevée pour les insectes; ils ne changent pas le goût des denrées traitées et ne produisent pas d'odeur lorsqu'ils sont appliqués suivant les recommandations; ils se décomposent en produits inoffensifs après avoir exercé leur action sur les ravageurs; ils sont

d'une utilisation sûre, facile et économique; enfin, ils ne forment pas de résidus ou de produits dangereux dans les denrées traitées.

L'emploi des insecticides organiques s'est répandu par suite des travaux intensifs réalisés sur les composés synthétiques durant la Seconde Guerre mondiale. C'est au cours des années quarante qu'on a découvert les propriétés insecticides du DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) et du gamma-BHC ou gamma-(1, 2, 3, 4, 5, 6-hexachlorocyclohexane); l'emploi de ces produits, et particulièrement du DDT, s'est rapidement répandu après la guerre. Il est bien connu qu'à Naples, le DDT s'est révélé d'une efficacité remarquable pour enrayer l'épidémie de typhus, maladie transmise par des poux, qui sévissait en 1944. Dans d'autres cas, l'efficacité de la lutte contre les ravageurs de produits agricoles s'est traduite par une augmentation substantielle de la production de denrées et de fibres alimentaires. On s'est vite aperçu cependant que la désinfestation des cultures au moyen d'insecticides avait des conséquences imprévues menaçant la qualité de l'environnement et la santé humaine. En outre, certains produits, mal appliqués, ont formé des résidus chimiques rémanents dans le sol et chez les animaux et les plantes. L'usage intensif d'insecticides sur de grandes étendues a également favorisé l'apparition d'une résistance chez de nombreuses souches d'insectes.

Au Canada, c'est en 1946 qu'on a commencé à évaluer l'efficacité des insecticides organiques contre les insectes des denrées entreposées. Les organochlorés, le pyrèthre et certains composés organophosphorés, les pyréthroïdes, sont les principaux groupes qu'on a étudiés.

Composés organochlorés

Bien que le DDT et le lindane (99 % de gamma-BHC) se soient révélés efficaces contre les insectes de la farine lors de tests réalisés de 1946 à 1949 dans des entrepôts des provinces des Prairies, ils ne sont actuellement ni homologués ni recommandés comme insecticides au Canada en raison des résidus qu'ils peuvent former dans les denrées traitées. On les emploie néanmoins dans certains pays chauds où les insectes font de graves ravages dans les céréales entreposées.

DDT. Le DDT est probablement l'insecticide le mieux connu au monde. Il existe sous divers noms de commerce: Gesarol, Guesarol, Neocid, Neocidol, Pentachlorin, Sillortox, Chlorophenothene, Accotox et Anofex. Le DDT de qualité technique contient un mélange de plusieurs isomères, mais c'est l'isomère para, para qui a le pouvoir insecticide le plus élevé. Le DDT en contient de 65 % à 80 %, selon sa pureté. Il se présente sous forme de poudre mouillable, poussière, aérosol ou concentré émulsifiable. Il persiste longtemps sur le bois ou le métal, mais il est moins durable sur les matières poreuses comme le béton.

L'action toxique du DDT se manifeste chez les insectes par la destruction des composantes cellulaires qui participent à la transmission des impulsions nerveuses. Les expériences de toxicité aiguë chez les rats ont révélé une DL_{50} orale de 113 mg/kg pour les mâles et de 118 mg/kg pour les femelles.

La DL_{50} cutanée, consécutive à une exposition aiguë, est de 2 510 mg/kg pour le rat femelle. Le DDT est stocké dans les lipides de l'organisme et excrété dans le lait; on ne doit pas l'utiliser dans les aliments ou à proximité de ces derniers.

Le DDT détruit une grande variété d'insectes ravageurs des denrées entreposées, mais il reste sans effets sur la larve de la pyrale indienne de la farine (*Plodia interpunctella*). On a découvert certaines souches résistantes chez *Tribolium confusum*, au Canada et en Europe, et chez *Sitophilus* spp., en Inde, en Australie et en Angleterre. Le DDT est encore employé dans les pays chauds, principalement pour des vaporisations laissant des résidus sur les surfaces des silos à grain. On l'a aussi utilisé comme poison de piste sous forme de poussière concentrée à 25 % pour détuire les souris. Le DDT n'est pas homologué au Canada en raison des effets délétères qu'il peut avoir sur l'environnement. Pous désinfester les denrées entreposées, il existe d'autres insecticides moins dangereux.

Lindane. Découvert au début des années quarante, le lindane a été utilisé dans le monde entier pour lutter contre les insectes des denrées entreposées. Au Canada, ce produit n'est pas homologué pour cet usage. On l'appelle aussi parfois gamma-BHC ou HCH. Il est composé à 99 % de l'isomère gamma du HCH. Il est stable en présence de lumière, d'air et de dioxyde de carbone. Il se décompose en milieu basique, mais persiste sur le bois et sur le grain. C'est un insecticide de contact ou d'ingestion efficace contre une grande variété d'insectes ravageurs des denrées entreposées et dont les vapeurs aussi sont toxiques pour les insectes. Il est absorbé dans la farine qui dégage alors une forte odeur de moisi. Il se présente sous forme de concentré émulsifiable, de poudre mouillable ou de poussière. Des appareils fumigatoires permettent aussi de l'appliquer sous forme de vapeurs ou de fumées pour détruire les insectes des entrepôts et des cales de bateau vides. La DL_{50} orale pour le rat suite à une exposition aiguë est de 88 mg/kg. La DL_{50} cutanée aiguë pour le rat mâle est de 1 000 mg/kg. Il vaut mieux éviter de le mettre en contact avec des céréales moulues entreposées. Il est toxique pour les poissons et les abeilles.

Le lindane est plus efficace que le DDT contre les insectes des denrées entreposées, mais il est moins persistant. Il a permis de traiter de façon satisfaisante les surfaces des structures internes des entrepôts de farine. Dans certains pays, on s'en sert pour prévenir l'infestation du grain entreposé. Son utilité est cependant limitée, car on a découvert des insectes résistants dans certaines régions.

Composés organophosphorés

Les composés organophosphorés (OP) constituent le groupe d'insecticides le plus polyvalent parmi les produits employés contre les insectes des denrées entreposées. On s'en sert dans le monde entier pour prévenir l'infestation du grain et des installations d'entreposage, de transformation et de transport. Leur trait caractéristique est de comporter un ou plusieurs

atomes de phosphore. Bien qu'on les ait mis au point en Allemagne au cours de la Seconde Guerre mondiale pour s'en servir comme gaz neurotoxiques, leurs propriétés insecticides et acaricides ont également été reconnues. Lorsqu'on s'est aperçu que les insecticides organochlorés présentaient l'inconvénient de persister dans l'environnement, on a intensifié la recherche et testé des milliers de composés OP. Les effets toxiques des OP sont dus à l'inactivation des enzymes nécessaires à la transmission des impulsions nerveuses chez les insectes et les mammifères. Pour traiter le grain et les installations d'entreposage, on emploie seulement ceux qui sont plus toxiques pour les insectes que pour les mammifères. Certains sont relativement peu persistants et se dégradent en produits inoffensifs après avoir agi sur les ravageurs. De ce point de vue, ils se rapprochent de l'insecticide idéal pour le traitement des denrées entreposées.

Malathion. Le malathion est l'un des insecticides les plus importants parmi les produits employés pour le traitement des denrées entreposées. Depuis 25 ans, on l'emploie couramment dans le monde entier bien que son efficacité soit réduite dans certaines régions en raison de la résistance qu'ont acquise certains insectes. Peu toxique pour les mammifères (la DL_{50} orale aiguë pour le rat est de 2 800 mg/kg et la DL_{50} cutanée aiguë pour le lapin est de 4 100 mg/kg), il est moins dangereux à manipuler et à appliquer, mais on recommande malgré tout une grande prudence.

Dans la nomenclature systématique, le malathion est appelé phosphorodithioate de *O*, *O*-Diméthyle et de S-(1,2-dicarbéthoxyéthyle). On l'appelle aussi Cythion, Karbophos, Kypfos et Malaspray. Le produit de qualité technique est un liquide incolore ou ambré dégageant une odeur d'ail. On a pratiquement éliminé cet aspect désagréable de certaines préparations (par ex., le Cythion) afin de pouvoir les incorporer directement au grain sous forme de liquide ou de poudre. Selon les dispositions internationales du Codex de la FAO, la limite acceptable de résidus dans les céréales est de 8 ppm. Le malathion se présente sous forme de concentré émulsifiable (25 % à 86 %), de poudre mouillable (25 % ou 50 %) ou de poussière (4 %). Pour protéger le grain contre les infestations, on peut y incorporer un mélange de concentré émulsifiable et de farine de qualité inférieure (habituellement 0,5 % ou 1 % d'ingrédients actifs). Dans le grain entreposé (par ex., du blé), la persistance des résidus diminue lorsque la teneur en eau du produit traité dépasse 14 %. Le grain contenant moins de 14 % d'eau peut être protégé contre les insectes pendant six mois avec une concentration de 8 ppm d'insecticide. Au Manitoba en conditions réelles, des dépôts sur du bois et du métal sont demeurés actifs pendant un an. Appliqué sur un plancher de béton à raison de 1 g/m^2, le malathion s'est décomposé au bout de quatre jours environ. Il peut être absorbé par les céréales et les oléagineuses mises en contact avec des surfaces traitées. Cependant si l'on retourne le grain, une grande partie des résidus disparaît à cause du brassage.

Bromophos. Le bromophos détruit une grande variété d'insectes ravageurs des denrées entreposées. Au Canada, on l'a temporairement homologué pour l'arrosage des silos, mais on a cessé de l'employer pour le traitement du grain parce qu'on a trouvé des résidus dans des denrées entreposées mises en contact avec des structures traitées. La DL_{50} orale aiguë pour le rat est de 4 000 mg/kg et la dose cutanée aiguë pour le lapin est de 720 mg/kg.

Dans la nomenclature systématique, le bromophos est appelé phosphorothioate de *O*-(4-bromo-2,5-dichlorophényle) et de *O*, *O*-diméthyle. On l'appele aussi Nexion et Cela S-1942. Il se présente sous forme de concentrés émulsifiables (25 % et 40 %), de poudres mouillables (25 %) et de poussières (2 à 5 %). Appliqué par arrosage à raison de 1 g d'ingrédient actif (i.a.) par m^2 sur du béton, il est plus persistant que le malathion, mais il agit moins vite sur les insectes. Comme il détruit les souches de *Tribolium castaneum* résistantes au malathion, c'est l'un des insecticides qu'on emploie dans les pays où cette résistance pose des problèmes.

Dichlorvos. Le dichlorvos est un insecticide de contact et d'ingestion, mais on l'emploie aussi pour les fumigations en raison de sa pression de vapeur élevée (4,28 kilopascals à 20 °C). Il pénètre peu le grain entreposé, mais des études réalisées en Grande-Bretagne montrent que s'il est mélangé à un gaz porteur tel que le tétrachlorure de carbone, on peut l'injecter dans le grain au moyen d'un jet d'air. Il est efficace pour désinfester les cales de bateau vides, les entrepôts hermétiquement fermés et les wagons ou les conteneurs. Il détruit une grande variété de coléoptères et de papillons nocturnes infestant les denrées entreposées. La DL_{50} orale aiguë pour le rat se situe entre 56 et 80 mg/kg et la dose cutanée aiguë est de 75 mg/kg. Ce produit étant très toxique, on ne doit s'en servir qu'avec une extrême prudence.

Suivant la nomenclature systématique, le dichlorvos s'appelle phosphate de 2,2-dichlorovinyle et de diméthyle. On le connaît aussi sous les noms de DDVP, Vapona, Nuvan et Mafu. Il se présente sous forme de concentrés émulsifiables (50 et 100 g/100 L), d'aérosols (de 0,4 à 1,0 %) et de granules (0,50 %); le plastique d'une plaque Vapona en contient 19,2 % ainsi que 0,8 % d'i.a.

Incorporé à une bande de résine, le dichlorvos produit des vapeurs insecticides pendant plusieurs semaines. Dans une pièce fermée hermétiquement, ces vapeurs peuvent détruire une grande variété d'insectes exposés. On a également obtenu d'excellents résultats contre les papillons nocturnes et les coléoptères dans une minoterie où l'on avait installé un dispositif automatique qui libérait du dichlorvos à raison de 0,014 g d'i.a./m^3. On en a aussi appliqué dans la cale d'un bateau au moyen d'une bombonne aérosol; les vapeurs ainsi produites se sont révélées efficaces contre les insectes à une concentration de 40 à 147 μg/L, pendant 5,5 heures, à une température variant entre 22 et 27 °C. On recommande de couvrir les denrées d'une toile durant le traitement. Par ailleurs, les personnes qui manipulent du dichlorvos doivent porter des vêtements protecteurs et un respirateur autonome. Après absorption chez les mammifères, le dichlorvos est rapidement dégradé en phosphates inoffensifs.

Iodofenphos. Au Canada, l'iodofenphos n'est pas homologué pour détruire les insectes des denrées entreposées, mais comme il est peu toxique pour les mammifères et persiste sur les surfaces structurales, il peut être employé comme substitut du malathion contre les insectes et les acariens. Il détruit une souche de *Tribolium castaneum* résistante au malathion. La DL_{50} aiguë pour le rat est de 2 100 mg/kg. Dans la nomenclature systématique, l'iodofenphos est appelé phosphorothioate de *O*,*O*-diméthyle et de *O*-(2,5-dichloro-4-iodophényle). On le désigne aussi par les appellations suivantes: jodfenphos, Nuvanol N et le n° de code C 9491. Il se présente sous forme de concentré émulsifiable (20 %), de poudre mouillable (50 %) et de poussière (5 %).

Appliqué sur le bois à raison de 0,5 g/m², il s'est révélé efficace pendant 16 semaines contre cinq espèces de ravageurs du grain entreposé. Il agit moins vite que le malathion, mais à forte dose, soit jusqu'à 2,5 g/m², il persiste plus longtemps et les insectes meurent plus vite. À une concentration de 10 mg/kg, dans du blé contenant 16 % d'eau, il est demeuré efficace pendant 12 semaines. Le malathion se décompose plus rapidement dans un produit contenant la même proportion d'eau.

Fénitrothion. Le fénitrothion est un insecticide efficace pour le traitement des denrées entreposées, mais il n'est pas homologué pour cet usage au Canada. Il est plus toxique que le malathion pour les mammifères. La DL_{50} orale aiguë pour le rat est de 800 mg/kg et la DL_{50} cutanée, de 1 300 mg/kg. Suivant la nomenclature systématique, le fénitrothion est appelé phosphorothioate de *O*,*O*-diméthyle et de *O*-(3-méthyl-4-nitrophényle). On l'appele aussi Sumithion, Folithion, Novathion, Accothion et Agrothion. Il se présente sous forme de concentré émulsifiable (50 %), de poudres mouillables (15 % et 40 %) et de poussières (2 %, 3 % et 5 %). Appliqué à raison de 0,25 g/m², il est efficace contre les insectes des denrées entreposées. Certaines espèces meurent moins vite qu'avec le malathion.

Pirimophos-méthyl. Le pirimiphos-méthyl est un insecticide persistant à action rapide qui détruit une grande variété d'insectes et d'acariens ravageurs des denrées entreposées. On peut s'en servir contre les souches résistantes au malathion; dans le grain humide, il est aussi plus persistant que ce dernier. Il n'est pas encore homologué au Canada pour la désinfestation des denrées entreposées. La DL_{50} orale aiguë pour le rat femelle est de 2 050 mg/kg et la toxicité cutanée aiguë, de 4 592 mg/kg. Dans la nomenclature systématique, le pirimiphos-méthyl est appelé phosphorothioate de *O*-(2-diéthylamino-6-méthyl-pyrimidin-4-yle) et de *O*,*O*-diméthyle. On lui connaît aussi les noms suivants: Actellic, Actellifog, Blex et Silosan. Il se présente sous forme de concentrés émulsifiables (25 % et 50 %), de préparations à volume ultra-faible (500 et 1 000 g/L), de poussières, d'aérosols et de préparations fumigènes. Appliqué dans du blé sec (teneur en eau de 12 %) à raison de 4 mg/kg, il détruit tous les *Tribolium castaneum* adultes pendant 24 semaines. Dans du blé contenant 16 % d'eau, il est plus stable que la malathion et détruit les *T. castaneum* qui résistent à ce produit.

Insecticides aux carbamates

Les insecticides de ce groupe sont peu employés pour désinfester les installations d'entreposage et de transformation du grain, mais plusieurs d'entre eux se sont révélés efficaces contre les insectes nuisibles des maisons. Ils agissent sur l'insecte de la même façon que les composés organophosphorés.

Propoxur. Le propoxur est employé dans les maisons et les installations de transformation de produits alimentaires pour chasser les blattes et autres ravageurs de denrées entreposées qui se cachent dans les anfractuosités. La DL_{50} orale aiguë pour le rat est de 100-200 mg/kg; la DL_{50} cutanée est supérieure à 500 mg/kg pour le lapin mâle et à 5 000 mg/kg pour le rat mâle. Selon la nomenclature systématique, le propoxur s'appelle méthylcarbamate de 2-(1-méthyléthoxy) phényle. On l'appelle aussi Baygon et Aprocarb. Il se présente sous forme de concentré émulsifiable, de poudre mouillable ou de poussière. Il neutralise rapidement les insectes et forme des dépôts pouvant demeurer actifs pendant plusieurs semaines, tout dépendant de la température et de la nature du matériau traité. Lors des arrosages ou des épandages de poudre, il faut couvrir les aliments et les ustensiles de cuisine. Le propoxur ne doit pas être en contact avec les silos et la machinerie servant au traitement ou à la fabrication des produits alimentaires.

Bendiocarbe. Le bendiocarbe est un insecticide rémanent efficace contre les insectes des denrées entreposées. Appliqué sur du métal ou du contreplaqué de conifère à raison de 50 mg/m², il agit contre *Tribolium castaneum* pendant quatre semaines; les dépôts persistent pendant neuf semaines sur les surfaces métalliques. Le Coléoptère *Oryzaephilus mercator* est plus résistant au bendiocarbe que *T. castaneum*. La DL_{50} orale aiguë pour le rat est de 40-120 mg/kg et la DL_{50} cutanée aiguë dépasse 1 000 mg/kg. Dans la nomenclature systématique, le bendiocarbe s'appelle N-méthylcarbamate de 2,2-diméthyl-1,3-benzodioxol-4-yle ou méthylcarbamate de 2,3-isopropylidènedioxyphényle; on lui connaît aussi les appellations suivantes: Ficam, Garvox, Multamat, Niomil, Seedox et Tattoo. Il se présente sous forme de poudre mouillable (76 %), de poussière (1 %) et de suspension huileuse (25 %) pour les traitements avec des volumes ultra-faibles. Il est surtout employé par les spécialistes en extermination pour détruire les insectes dans les maisons et les entrepôts de denrées alimentaires. Il est recommandé de couvrir les produits alimentaires, les ustensiles et les appareils de manutention des aliments avant de faire le traitement.

Essence de pyrèthre et pyréthroïdes

Essence de pyrèthre. L'essence de pyrèthre est un insecticide d'origine végétale qui était très répandu avant l'apparition des produits synthétiques découverts après la Seconde Guerre mondiale. Les produits insecticides qu'elle

contient, les pyréthrines, entrent dans la composition de plusieurs centaines de préparations qu'on emploie comme insecticides de contact pour désinfecter le grain entreposé, les entrepôts de denrées alimentaires, les maisons, les jardins et les animaux. Les insecticides à base de pyréthrines neutralisent ou paralysent un grand nombre d'insectes nuisibles. Comme ils se décomposent rapidement au soleil et sur certains matériaux, ils ont été supplantés par des composés synthétiques plus persistants mis au point durant les années quarante. On s'est néanmoins aperçu qu'en raison de cette propriété, les produits synthétiques avaient l'inconvénient de laisser des résidus dans les aliments ainsi que dans les tissus végétaux et animaux. Par conséquent, on tend à employer davantage les insecticides peu persistants tels que les pyréthrines ou des composés synthétiques apparentés comme les pyréthroïdes.

Les pyréthrines (P) sont extraites de la plante *Chrysanthemum cinerariaefolium* qu'on cultive surtout au Kenya et en Équateur. La fleur séchée contient de 1 à 3 % de pyréthrines. La DL_{50} orale aiguë pour le rat est de 1 500 mg/kg et la DL_{50} cutanée aiguë est supérieure à 1 800 mg/kg. Les pyréthrines sont habituellement employées avec des composés synergiques comme le pipéronyl butoxyde (PB) dans un rapport de 1P pour 2PB ou de 1P pour 10PB. Le composé synergique retarde la décomposition de l'insecticide et accroît sa toxicité pour les insectes.

Les principes actifs des pyréthrines sont: le chrysanthémate et le pyréthroate de pyrétholone, connus sous le nom de pyréthrines I et II; le chrysanthémate et le pyréthroate de cinérolone, connus sous le nom de cinérines I et II; enfin, le chrysanthémate et le pyréthroate de jasmoline, connus sous le nom de jasmoline I et II.

Les pyréthrines se présentent sous diverses formes: concentrés émulsifiables, solutions huileuses, aérosols, poudres mouillables et poussières. Les préparations à base de pyréthrine et de pipéronyl butoxyde portent divers noms commerciaux tels que Pyrenone ou Pybuthrin. Comme les pyréthrines sont peu toxiques pour l'homme et les animaux, on peut les mélanger à de la farine ou les diluer avec de l'eau pour protéger le grain contre les infestations. Certaines préparations de poudre ou d'émulsion formant dans le grain des dépôts n'excédant pas 3 mg/kg de pyréthrines et 20 mg/kg de pipéronyl butoxyde se sont révélées efficaces pendant plusieurs semaines ou plusieurs mois, selon la température et la teneur du grain en eau.

Pipéronyl butoxyde. Le pipéronyl butoxyde (PB) est un composé synergique qui accroît et prolonge l'action insecticide des pyréthrines et des pyréthroïdes contre certains insectes. Le PB est généralement mélangé à l'insecticide dans un rapport de poids de 2 PB pour 1 ou 10 PB pour 1, suivant l'espèce d'insecte qu'on veut détruire. La DL_{50} orale aiguë pour le rat est supérieure à 7 500 mg/kg. Dans la nomenclature systématique, le pipéronyl butoxyde est nommé α-[2-(2-Butoxyéthoxy)éthoxy]-4,5-méthylènedioxy-2-propyltoluène. On le trouve aussi sous les noms de Butacide et Piperonyl Butoxide Technical. Il se présente en mélange avec un produit toxique sous forme d'émulsions, poudres mouillables, solutions huileuses, préparations à épandage sous pression, poussières et enduits à papier.

Pyréthroïdes. Les pyréthroïdes sont des produits synthétiques mis au point dans le but de produire un insecticide semblable ou supérieure aux pyréthrines. Plusieurs de ceux qui sont décrits ci-après sont efficaces contre les insectes des denrées entreposées.

Perméthrine. La perméthrine neutralise et paralyse rapidement *Tribolium castaneum* et *Cryptolestes ferrugineus*. On l'a testée comme produit de pulvérisation formant des dépôts sur des surfaces de bois. Elle ne détruit les insectes que s'ils restent toujours en contact avec la surface traitée. Étant donné qu'elle est peu toxique pour les mammifères tout en ayant des propriétés insecticides, son utilisation dans les denrées entreposées pourrait devenir très répandue. La DL_{50} orale et la dose cutanée aiguës pour le rat sont supérieures à 4 000 mg/kg. Selon la nomenclature systématique, la perméthrine s'appelle (±) -*cis*,*trans*-3-(2,2-dichloroéthényl)-2,2-diméthylcyclopropanecarboxylate de 3-(phénoxyphényl)méthyle (environ 60 % d'isomères *trans* et 40 % d'isomères *cis*). Elle porte aussi les noms d'Ambush, Indothrin, Perthrine et Pounce. Elle se présente sous forme de concentrés émulsifiables et de poudres mouillables. Appliquée à raison de 0,2 g/m^2, elle neutralise rapidement *T. castaneum* après 24 heures d'exposition et elle est efficace pendant 33 semaines.

Cyperméthrine. La cyperméthrine est efficace contre plusieurs insectes des denrées entreposées. Les insectes exposés à des surfaces traitées sont rapidement neutralisés et paralysés. La DL_{50} orale aiguë pour le rat femelle est de 4 123 mg/kg, en suspension aqueuse, et de 1 741 mg/kg, en suspension dans l'huile de maïs. Dans la nomenclature systématique, la cyperméthrine s'appelle (±) *cis*, *trans*-3(2,2-dichlorovinyl)-2,2-diméthyl-cyclopropanecarboxylate de α-cyano-3-phénoxybenzyle. On lui connaît aussi les appellations suivantes: Cymbush, Imperator et Ripcord. Elle se présente sous forme de concentrés émulsifiables et de poudres mouillables. On conseille de ne s'en servir qu'avec des précautions extrêmes. Le port de vêtements protecteurs et d'un masque ou de lunettes de sécurité est recommandé. En raison des précautions qu'il faut prendre pour s'en servir, il est probable que cet insecticide ne sera pas utilisé abondamment dans les denrées entreposées.

Fenvalérate. Le fenvalérate est un autre pyréthroïde intéressant pour son efficacité contre les insectes des denrées entreposées. Il persiste pendant plusieurs semaines sur le bois. La DL_{50} orale aiguë pour le rat est de 451 mg/kg, dans un solvant non-volatil, et de plus de 3 200 mg/kg, en suspension aqueuse; la dose cutanée aiguë est de 2 500 mg/kg. Dans la nomenclature systématique, le fenvalérate est appelé 4-chloro-α-(1-méthyléthyl) benzèneacétate de cyano-3-phénoxyphényl)méthyle ou 2-(4-chlorophényl)-3-méthylbutyrate de α-cyano-3-phénoxybenzyle. On lui connaît aussi les noms de Belmark, Ectrin et Pydrin. Il se présente sous forme de concentré émulsifiable, de poussière et de poudre mouillable. Il est conseillé de porter des vêtements protecteurs lorsqu'on s'en sert.

Resméthrine. La resméthrine est efficace contre toute une variété d'insectes nuisibles infestant les maisons, les serres et les denrées entreposées. Elle persiste sur divers type de matériaux et forme des dépôts qui neutralisent rapidement les insectes en contact continu. La DL_{50} orale aiguë pour le rat est 4 240 mg/kg et pour le lapin la DL_{50} cutanée aiguë est de 2 500 mg/kg. Dans la nomenclature systématique, la resméthrine porte le nom suivant: 2,2-diméthyl-3-(2-méthyl-1-propényl) cyclopropanecarboxylate de 5-(phénylméthyl)-3-furanylméthyle. On l'appelle aussi Benzofuroline, Chrysron et Synthrin. Elle se présente sous forme de concentrés émulsifiables, préparations huileuses, aérosols et solutions aqueuses pour l'arrosage sous pression. On peut l'employer en mélange avec des pyréthrines et du pipéronyl butoxyde ou avec d'autres pyréthroïdes.

Poussières minérales

Les poussières minérales telles que la silice, le kaolin et la terre de diatomées sont employées comme préventifs ou comme insecticides de contact pour désinfester le grain et les entrepôts vides. Les particules de poussière adhèrent à la cuticule et y induisent le déplacement des composantes lipoïdiques en plus d'exercer une action abrasive, ce qui provoque la déshydratation de l'insecte. Les poussières minérales n'étant pratiquement pas toxiques pour les mammifères, leur emploi ne soulève presque aucune des objections que suscitent les traitements aux insecticides chimiques. Elles détruisent les insectes lorsque l'humidité relative est basse (– 50 %) et que le grain contient peu d'eau (de 9 % à 13 %). Si le grain est moulu, s'il contient beaucoup d'eau et si l'humidité relative est élevée, les insectes semblent compenser l'action déshydratante des poussières. Mélangées aux grains, les poussières minérales ont aussi le grand inconvénient d'en modifier les caractéristiques de manutention et la « texture ». Par conséquent, dans certains pays, notamment au Canada, leur emploi est limité au traitement de petits volumes de grains en vrac qu'on ne destine pas au marché commercial. Dans les bâtiments vides, les poussières minérales restent efficaces pendant plusieurs mois après l'application si elles ne sont pas emportées par les courants d'air ou diluées dans la farine ou la poussière de grain. Des tests ont montré que des poussières minérales couvrant des contenants en papier et des papiers adhésifs conservent plusieurs mois leurs propriétés insecticides. Les poussières injectées dans les anfractuosités des bâtiments, silos et armoires de cuisine sont efficaces contre les insectes.

Il existe sur le marché plusieurs préparations de poussières minérales: Aérogel Silica, Dri-Die (aérogel de silice additionné de silicofluorure d'ammonium), Drione (gel de silice amorphe additionné de pyréthrines et de piperonyl butoxyde), terre de diatomées (également connue sous les noms de Diatomite, Infusorial Earth et Kieselguhr).

Bien que les poussières minérales soient considérées comme pratiquement inoffensives pour les mammifères, il est préférable d'éviter d'en inhaler et de porter un masque filtrant comme protection lorsqu'on s'en sert.

Fumigants

Les fumigants sont des gaz toxiques résultant de la vaporisation de composés chimiques appliqués sous forme liquide, solide ou gazeuse pour désinfester les céréales, leurs dérivés et les espaces fermés. La fumigation sert à détruire les insectes nuisibles qui infestent le grain ou la farine entreposés ou qui se trouvent dans les anfractuosités et les interstices des bâtiments inaccessibles avec d'autres méthodes. Comme les fumigants sont toxiques pour l'être humain, on recommande de porter des vêtements protecteurs et un masque à gaz muni d'un filtre approprié lorsqu'on s'en sert.

Les fumigants approuvés à des fins commerciales doivent respecter les mêmes normes de sécurité que les insecticides de contact. Lorsqu'un fumigant est conforme aux normes sur le pouvoir insecticide, il faut l'évaluer pour déterminer s'il laisse des résidus ou des sous-produits dangereux. La concentration de résidus dans les produits céréaliers destinés aux marchés local ou international ne doit pas dépasser les limites acceptables établies par les organismes internationaux. Les résidus peuvent comporter des produits de décomposition organiques ou inorganiques dommageables pour les personnes ou les animaux qui consomment les denrées traitées. Au Canada et ailleurs, des spécialistes étudient constamment les produits de fumigation au cas où de nouvelles données sur les propriétés toxicologiques invalideraient les recommandations. Les fumigants peuvent, en réagissant avec les composantes des céréales, produire des odeurs, altérer le goût ou former des résidus toxiques; ils peuvent aussi réagir avec le métal des contenants, de la machinerie ou des accessoires électriques. Dans certains cas, il faut mettre au point des préparations spéciales pour supprimer les risques d'incendie ou d'explosion. Il est conseillé de se servir des fumigants de façon à minimiser les risques pour les personnes qui les appliquent, les denrées et les bâtiments traités et les personnes qui pénètrent dans les lieux après la fumigation ou qui manipulent des produits traités.

Les fumigations servent à désinfester le grain entreposé dans les exploitations agricoles, les silos-élévateurs et les cales de bateaux; le grain et ses dérivés dans les minoteries; la machinerie des minoteries et les entrepôts de farine suffisamment hermétiques pour contenir les vapeurs de fumigation assez longtemps.

La dose nécessaire dépend de la température de la denrée à traiter, de l'air ambiant et de l'air extérieur; de l'étanchéité du bâtiment, du silo ou de l'espace fermé; et des propriétés de sorption de la matière traitée. Les propriétés de sorption dépendent de la nature de la matière traitée, de sa porosité, de sa teneur en eau et de sa température. Il faut augmenter la dose lorsque la température est basse, la teneur en eau élevée ou que les silos ne sont pas hermétiques. S'il vente forte, il se formera une zone de pression d'air négative dans les bâtiments, plus particulièrement du côté exposé au vent; il s'échappera alors du gaz, ce qui réduira l'efficacité du traitement.

Plusieurs fumigants connaissent une utilisation très répandue au Canada et dans le reste du monde; voici une brève description des produits les plus courants.

Bromure de méthyle Le bromure de méthyle (BM) est souvent utilisé pour la fumigation des minoteries, cales de bateaux, wagons, entrepôts, silos vides et masses de produits entreposés couverts d'une bâche étanche aux gaz. On l'emploie aussi pour la fumigation du grain. En mélange avec du dibromure d'éthylène (DBE) dans une proportion de 30 BM pur 70 DBE (en poids), c'est une préparation efficace pour les fumigations localisées contre les insectes qui infestent la machinerie des minoteries et le grain entreposé.

Le bromure de méthyle est toxique pour une grande variété d'insectes ravageurs des denrées entreposées; il n'est pas inflammable et pénètre rapidement dans les matières granulaires. Sa densité est élevée (3,27 à 0 °C), son point d'ébullition est 3,6 °C. Au contraire de bien des produits de fumigation, c'est un gaz inodore; il faut donc prendre des précautions spéciales durant l'application pour éviter d'inhaler des vapeurs. Les espaces clos doivent être bien aérés après le traitement et il faut attendre que la concentration de gaz soit nulle avant d'autoriser quiconque à pénétrer à l'intérieur de ces espaces. Comme le BM est très toxique pour l'être humain, il est essentiel que les fumigations soient effectuées par des personnes dûment formées et détenant une licence à cet effet. Dans le cas des vapeurs, le seuil de toxicité aiguë est de 21 mg/L pour le rat. La limite maximale de sécurité pour l'être humain est de 0,5 mg/L. À concentration plus élevée, il faut porter un masque à gaz. On peut détecter les vapeurs au moyen d'un détecteur à halogénures: il s'agit d'une bombonne d'acétylène ou d'un autre combustible du même genre et d'une plaque ou d'un fil de cuivre chauffé à la flamme. La concentration du gaz détermine la couleur de la flamme. On peut aussi mesurer la concentration de gaz au moyen de tubes de détection et d'analyseurs à conductivité thermique.

Dans la nomenclature systématique, le BM porte le nom de mono-bromométhane. On l'appelle aussi Brom-O-Gas, Celfume, Dawson 100, Dowfume, MeBr, Meth-O-Gas et Pestmaster. Il est vendu dans des ampoules de verre (jusqu'à 50 mL), des boîtes métalliques pressurisées et des bombonnes d'acier. On peut y ajouter une petite quantité (jusqu'à 2 %) d'un autre produit de fumigation, la chloropicrine, comme indicateur.

Il est recommandé de garder les contenants de BM dans un endroit frais et bien aéré réservé à l'entreposage des produits chimiques dangereux. Il faut éviter de placer des denrées alimentaires près de ces produits, que ce soit durant l'entreposage ou durant le transport.

Le BM est habituellement injecté sous forme gazeuse au moyen de tubes de métal ou de plastique dans les denrées; celles-ci doivent être placées dans une pièce hermétique ou couvertes d'une bâche de plastique. Lorsqu'on traite un grand espace tel que la cale d'un bateau, un entrepôt ou une minoterie, on doit faire circuler le gaz au moyen de ventilateurs électriques pour l'empêcher de se concentrer près du plancher.

La dose varie selon la température, la nature de la matière à traiter, l'étanchéité des lieux et la sensibilité des insectes visés. Pour obtenir la concentration voulue, on peut augmenter la dose durant le traitement sans entrer dans les lieux traités. Pour des céréales ensachées, la dose varie de 40 g/m^3, pendant 16 à 24 h à une température de 4 à 9 °C, à 16 g/m^3, pendant 16 à 24 h à une température de plus de 21 °C. Pour les céréales traitées

empaquetés dans des emballages perméables, il faut augmenter la dose d'environ 20 %. Les insectes ne meurent parfois que plusieurs heures, voir deux ou trois jours, après le traitement selon leur sensibilité et leur stade de développement.

Dibromure d'éthylène La sorption du dibromure d'éthylène (DBE) étant élevée dans le cas des céréales et de leurs dérivés, on emploie rarement ce produit seul pour les fumigations. Il est aussi toxique pour les insectes que le bromure de méthyle. Cependant, il est plus toxique pour l'être humain et, à forte concentration, il peut irriter les poumons et provoquer des lésions au foie et aux reins. Il a une odeur forte; les mélanges de DBE et de bromure de méthyle sont facilement détectables. En mélange avec d'autre produits de fumigation qui agissent comme gaz porteurs, il constitue un insecticide important pour désinfester le grain entreposé dans les fermes et les minoteries. On l'a aussi employé comme rongicide pour tuer les rats dans leurs terriers. La DL_{50} orale aiguë pour le rat mâle est de 146 mg/kg; dans le cas des vapeurs, le seuil de toxicité aiguë est de 200 mg/kg. Au contact de la peau, il provoque des brûlures graves.

Dans la nomenclature systématique, le dibromure d'éthylène est appelé di-bromo 1,2 éthane. Les autres noms qu'on lui connaît désignent généralement des mélanges de fumigation brevetés: Bromofume, Celmide, Dowfume W-85, Dowfume W-90, Dowfume W-100 et EDB-85. Il a une odeur semblable à celle du chloroforme.

Il faut faire preuve d'une extrême prudence lorsqu'on manipule du DBE ou des préparations qui en contiennent. On recommande de ne pas l'entreposer près de denrées alimentaires ni dans les bâtiments de ferme réservés aux animaux. Comme le DBE est corrosif, les contenants qui en renferment peuvent fuir. On l'emploie beaucoup pour les fumigations localisées dans les minoteries. Il peut se décomposer en éthylèneglycol, composé qui à son tour peut réagir avec la méthionine, élément protéique du blé. Il est déconseillé de nourrir la volaille avec des aliments traités au DBE.

Dichlorure d'éthylène Le dichlorure d'éthylène (DCE) est utilisé en mélange avec un produit de fumigation porteur, habituellement le tétrachlorure de carbone (TC), pour désinfester le grain entreposé et les minoteries. Ce mélange à fumigation est facile à appliquer, car il s'agit d'un liquide qui se volatilise et diffuse rapidement dans le grain et la farine; le DCE n'altère pas le pouvoir germinatif ni les propriétés de panification de ces produits. On recommande de porter des vêtements protecteurs et un masque à gaz durant la fumigation et de bien aérer les lieux traités avant d'y pénétrer. Les mélanges de DCE et de TC (3 pour 1 en volume) sont moins toxiques pour les insectes que les mélanges de DBE et de BM. La DL_{50} orale aiguë du DCE pour le rat est de 670-890 mg/kg.

Dans la nomenclature systématique, le dichlorure d'éthylène est nommé 1,2-dichloroéthane. On l'appelle aussi EDC, Chlorasol et Dowfume 75, ces deux derniers étant des marques de commerce renfermant du DCE et du

tétrachlorure de carbone. Comme il est inflammable, il faut le mélanger avec du tétrachlorure de carbone ou un autre solvant inflammable du même genre pour éviter qu'il se produise un incendie ou une explosion durant l'application.

Le dichlorure d'éthylène a une odeur semblable à celle du chloroforme. Il est absorbé dans les grains entiers, l'absorption étant plus importante à basse température qu'à haute température. En retournant et en moulant le grain traité par fumigation, on réduit la quantité de résidus de chlorure d'éthylène qu'il contient; l'importance de cette réduction dépend de la dose appliquée, de la température et du mouvement. Il est déconseillé d'entreposer des denrées alimentaires près de contenants de mélange à fumigation à base de chlorure d'éthylène.

Sulfure de carbone On utilise beaucoup le sulfure de carbone (SC) pour lutter contre les insectes du grain entreposé. On l'appelle souvent bisulfure de carbone. Comme il est très inflammable, on le mélange avec du tétrachlorure de carbone pour réduire les risques d'incendie. Les vapeurs de SC sont très toxiques pour l'être humain; concentré à 1/500, il provoque des étourdissements et des vomissements 30 minutes après l'exposition. Pour le rat, le seuil de toxicité aiguë des vapeurs est de 200 mg/kg.

Les résidus de SC qui se forment dans les produits céréaliers traités par fumigation sont en grande partie éliminés lorsque le produit est moulu, aéré ou cuit. Le SC n'est pas approuvé pour la fumigation des haricots, pois et doliques. On recommande de garder les contenants de SC dans des bâtiments frais et bien aérés. Il faut être extrêmement prudent lorsqu'on manipule ce produit à cause des risques d'incendie et d'explosion. Il est conseillé de porter des vêtements protecteurs et un masque à gaz muni d'un filtre approprié.

Tétrachlorure de carbone Le tétrachlorure de carbone (TC) est parfois employé seul pour les fumigations, mais comme la quantité à appliquer est élevée en raison de la faible toxicité du produit pour les insectes, on préfère en général l'utiliser en association avec un produit plus toxique tel que le bromure ou le chlorure d'éthylène. Les vapeurs de TC sont très toxiques pour l'être humain; elles provoquent de graves lésions au foie. La DL_{50} orale aiguë pour le rat est supérieure à 7 500 mg/kg. On retrouve dans la farine les résidus de TC formés dans les céréales, même après aération; ils disparaissent cependant du pain cuit.

Chloropicrine La chloropicrine est l'un des produits les plus désagréables à appliquer pour les fumigations, parce qu'elle produit un gaz à propriétés lacrymogènes. On peut l'employer comme indicateur avec des produits inodores tel que le bromure de méthyle. Elle est extrêmement phytotoxique; elle est aussi très toxique pour les insectes. Elle persiste dans le grain à température basse et produit des vapeurs difficiles à dissiper par aération. Elle est toxique pour l'être humain; concentrée à 2,4 g/m^3, elle peut provoquer un oedème pulmonaire grave entraînant la mort en l'espace d'une

minute. La DL_{50} orale aiguë pour le rat est de 250 mg/kg. C'est un irritant pour la peau, les yeux et les voies respiratoires.

Dans la nomenclature systématique, la chloropicrine est nommée nitro-tri-chlorométhane. On l'appelle aussi Acquinite, Chlor-O-Pic, Dojyopicrin, Dolochlor, Larvacide, Pic-Chlor, Picfume et Tri-Chlor.

Les résidus de chloropicrine qui restent dans la farine peuvent en altérer les propriétés de panification, mais l'aération corrige ce défaut. La chloropicrine étant corrosive, elle attaque les boîtes métalliques et le matériel employé pour les applications. C'est un produit de fumigation efficace, mais il n'est pas accepté comme insecticide pour le grain entreposé et les minoteries en raison de ses propriétés désagréables.

Phosphine La phosphine, ou phosphure d'hydrogène (PH_3), est probablement le produit de fumigation le plus employé pour la désinfection des denrées entreposées. Elle est très inflammable, mais les préparations commerciales qui en contiennent ne présentent aucun risque d'incendie ou d'explosion. On obtient de la phosphine gazeuse en faisant réagir de la vapeur d'eau avec du phosphore d'aluminium auquel on ajoute un composé ignifugeant tel que du carbamate d'ammonium. Cette réaction entraîne la libération d'ammoniac, gaz indicateur signalant la formation du gaz toxique. La phosphine est très toxique pour l'être humain. La concentration limite de PH_3 qu'on recommande pour les céréales est de 0,1 mg/kg. Elle n'altère pas la germination du grain si l'on applique les doses recommandées.

Le phosphore d'aluminium qui sert à produire la phosphine porte divers noms commerciaux: Phostoxin, Celphide, Celphos, Delicia et Al-Phos. La phosphine a une odeur qui rappelle le carbure ou l'ail. Son point d'ébullition est $-87{,}4$ °C et sa densité, à l'état gazeux, est de 1,214 (air = 1).

Les préparations commerciales se présentent sous forme de comprimés de 3 g, de pastilles sphériques de 0,6 g ou de sachets de papier crêpe contenant chacun 34 g de produit. L'avantage des sachets, c'est qu'on peut les enlever à la fin de la fumigation. Les comprimés, pastilles et sachets libèrent respectivement 1 g, 0,2 g et 11 g de phosphine.

Les comprimés et les pastilles peuvent être introduits dans la masse de grain ou jetés dans celui-ci à l'ensilage. Les pastilles sont appliquées au moyen d'un dispositif automatique. À la fin du traitement, ce qui reste de poudre d'hydroxyde d'aluminium et de phosphure d'aluminium se dissipe lorsque le grain est retourné, nettoyé ou déplacé. Les sachets contenant la poudre de phosphure d'aluminium peuvent être jetés dans le grain ou introduits entre les sacs de grain. On peut les enlever du grain à la main ou les extraire par tamisage au moment du transfert. Les sachets usagés sont enterrés dans un endroit approuvé inaccessible aux êtres humains et aux animaux.

Les comprimés sont empaquetés dans des tubes métalliques hermétiquement fermés; un tube peut contenir jusqu'à 30 comprimés. Les pastilles sont empaquetées dans des contenants métalliques hermétiques; un contenant en renferme environ 1 kg. Les comprimés et les pastilles sont recouverts d'une couche de paraffine pour retarder la réaction du produit avec l'air après l'application. Les sachets sont empaquetés dans des contenants hermétiquement fermés.

La phosphine réagit avec le cuivre et d'autres métaux durant la fumigation. Il faut donc, dans la mesure du possible, protéger les interrupteurs électriques par des couvercles étanches aux gaz.

La dose et la durée du traitement recommandés pour désinfester le grain entreposé dépendent du type de structure qu'on traite et de la température. La fumigation à la phosphine est habituellement déconseillée si la température du grain est en-deçà de 10 °C environ et si l'humidité relative est inférieure à 25 % (la teneur en eau équivalente pour le blé est d'environ 9 %). Les doses recommandées sont modifiées pour tenir compte des nouvelles données obtenues en recherche. Actuellement, pour désinfester du blé en vrac entreposé dans des cellules d'acier à 20 °C, on recommande d'appliquer entre 4 et 6 comprimés (de 20 à 30 pastilles) par tonne de grain pendant 7 jours. On conseille de couvrir le grain d'une toile de plastique pour contenir les vapeurs dégagées par le produit de fumigation. Si le grain n'est pas recouvert, il faut rendre le toit de la cellule aussi hermétique que possible et augmenter la dose pour tenir compte de l'espace vide qui reste dans le haut. Éviter de laisser les toiles plus longtemps que nécessaire, sinon l'humidité augmentera, le grain sera chauffé et l'activité microbienne entraînera sa détérioration.

Mélanges de fumigants

Dans bien des cas, on mélange les produits de fumigation décrits précédemment, soit entre eux, soit avec d'autres gaz comme le dioxyde de carbone, pour augmenter leur efficacité, réduire les risques d'incendie et d'explosion ou incorporer une composante odorante servant d'indicateur. Les fumigants en mélange sont vendus par diverses firmes. On en donne quelques exemples ci-dessous:

- Mélange de disulfure de carbone et de tétrachlorure de carbone (16,5:82,5 par volume) additionné de 1,0 % d'ingrédients inertes. Le tétrachlorure de carbone sert d'ignifugeant. Ce mélange est employé pour la fumigation du grain entreposé. La dose se situe généralement entre 0,5 et 1 L/t.
- Mélange de dibromure d'éthylène et de dichlorure d'éthylène additionné de tétrachlorure de carbone (7:29:64 par volume). Le TC est ajouté ici pour supprimer les risques d'incendie que présentent le DCE; il améliore en outre la dispersion dans le grain des composantes les plus toxiques du mélange, le DBE et le DCE. Le DBE, étant donné ses grandes propriétés de sorption dans le grain, tend à demeurer près du point d'application. La dose varie de 0,1 à 1 L/t, tout dépendant de la température du grain, de sa teneur en eau, de la proportion d'impuretés qu'il contient et de l'étanchéité de la structure d'entreposage. Les mélanges de DBE, DCE et TC (20:20:60) ou de DBE et de TC (15:85) servent pour les fumigations localisées dans les minoteries. Les doses, indiquées sur l'étiquette du contenant, varient de 140 mL, dans le cas des silos-élévateurs, à 280 mL, dans le cas des blutoirs.
- Mélange de dibromure d'éthylène et de bromure de méthyle (70:30 en poids). Ce mélange est souvent employé pour les fumigations localisées

dans les minoteries. Comme il est formé de deux éléments très toxiques pour les insectes, une dose réduite (50 mL pour le traitement des élévateurs) donne des résultats comparables à ceux d'une dose plus élevée d'un mélange de DBE et de TC.

On peut aussi employer un mélange de 30 DBE pour 70 BM pour la fumigation du grain. Il est mis sous pression dans des canettes d'environ 454 g. Il convient pour la fumigation de petits volumes de grain, c'est-à-dire moins de 27 tonnes métriques. On recommande de couvrir la surface de la masse de grain avec une bâche de plastique pour retenir les vapeurs. Les données expérimentales indiquent que les mélanges de DBE et de BM sont plus toxiques que chacune de leurs composantes prises séparément.

- Mélange de bromure de méthyle et de chloropicrine (98:2 en poids). Dans ce mélange, la chloropicrine sert d'indicateur, car le BM, dangereux pour l'être humain, est inodore. Les doses varient de 18 à 30 g/t de blé entre 10 °C et 19 °C, selon la température.
- Mélange de dichlorure d'éthylène et de tétrachlorure de carbone (3:1). Ce mélange est très employé pour la fumigation du grain. Il n'a aucun effet délétère sur la germination des graines. Le TC est ignifugeant et favorise la dispersion des gaz dans la masse de grain. La dose varie de 0,5 à 1,0 L/t métrique de blé, selon la température, le type de contenant d'entreposage, la teneur du grain en eau et la proportion d'impuretés.
- Le dioxyde de carbone est ajouté au bromure de méthyle ou à la phosphine pour en favoriser la dispersion et la toxicité. Ce double effet offre des possibilités intéressantes en termes d'applications pratiques.
- Mélanges de bromure de méthyle et de phosphine. Ces mélanges détruisent un grand nombre d'insectes à dose plus faible et application moins longue que chacune de leurs composantes prises séparément.

Gestion des programmes de désinfestation

Comme il existe une très grande variété de méthodes de désinfestation, il est essentiel d'élaborer une stratégie de façon qu'elles se complètent au point de vue des principes de base, de la conception et de l'application. Chaque méthode de désinfestation, qu'il s'agisse de moyens chimiques ou non, présente des côtés positifs et négatifs. Souvent, on peut appliquer plusieurs techniques de façon à tirer parti de leurs avantages tout en minimisant leurs inconvénients. Ainsi, on peut allier les avantages de la fumigation, dont l'efficacité est peu durable, avec ceux de l'épandage d'insecticides qui, en raison des résidus qu'ils laissent, assurent une protection prolongée s'ils sont appliqués à l'intérieur des structures d'entreposage. Les traitements par des produits chimiques devraient être complétés par des mesures d'hygiène efficaces dans les élévateurs et les minoteries, l'emploi de sacs à l'épreuve des insectes et l'entreposage dans des bâtiments propres et frais ne montrant aucune marque d'infestation. Si l'on prend toutes ces dispositions au moment opportun, les infestations devraient être virtuellement éliminées. Enfin, on recommande de faire des contrôles après la désinfestation, quelle que soit la méthode employée, pour déterminer si l'opération a été efficace, car trop

souvent, on n'effectue un traitement que pour se conformer aux règlements, sans se préoccuper des résultats.

Pour mettre au point un programme de désinfestation, il faut bien connaître tous les éléments du problème que l'on cherche à résoudre: type d'insectes, d'habitats et de traitements, chimiques ou non, auxquels on peut recourir. Il s'agit donc de connaître la biologie et l'écologie des insectes nuisibles et de l'écosystème des denrées entreposées dont ils font partie. Il faut choisir parmi les traitements non chimiques, les fumigations et l'application d'insecticides de contact, les méthodes les plus appropriées et les plus pratiques; il faut aussi décider où, quand et comment les appliquer pour obtenir des résultats satisfaisants et prendre les précautions nécessaires pour protéger les préposés à l'application du produit et les consommateurs des denrées traitées. Ces conditions sont extrêmement difficiles à satisfaire, mais elles sont le gage de précieux avantages: des denrées exemptes d'infestation, ne produisant aucun effet secondaire dommageable et qui satisferont sans aucun doute le consommateur.

CHAPITRE 6 RÉSISTANCE DES INSECTES AUX INSECTICIDES

L'apparition de souches d'insectes capables de neutraliser ou de détoxiquer les insecticides est l'un des grands facteurs limitant l'efficacité de la désinfestation au moyen de produits chimiques. L'une des principales causes de ce phénomène réside dans l'emploi intensif d'insecticides sur une grande échelle. La situation s'est aggravée du fait qu'on les a parfois mal utilisés ou qu'on a négligé de compléter le traitement par d'autres mesures telles que des nettoyages. La sélection naturelle, processus favorisant certaines espèces lorsque les conditions sont difficiles, est un principe fondamental qui régit toutes les formes de vie. Le phénomène de la résistance héréditaire est encore mal connu. Il arrive que chez une espèce certaines souches soient capables de détoxiquer un insecticide, alors que d'autres, dans une zone ou une région géographique différente, semblent incapables d'en faire autant. On obtient parfois de bons résultats en remplaçant l'insecticide inefficace par un autre produit. Dans bien des cas cependant, les insectes résistent également aux substituts. C'est ce qu'on appelle la résistance croisée. Les insectes qui ont des propriétés de résistance peuvent transmettre les gènes assurant cet avantage à leur descendance. Dans un milieu fermé tel qu'un entrepôt ou la cale d'un bateau, il peut arriver qu'au bout d'un certain temps, la plupart des insectes d'une population constituée d'une seule espèce deviennent extrêmement résistants à l'un ou à plusieurs des insecticides qu'on emploie régulièrement pour les détruire.

Les insectes sont devenus résistants plus rapidement et plus fortement aux insecticides de contact qu'aux fumigants. Cette différence vient peut-être du fait que les premiers, moins coûteux et d'application plus facile, sont plus employés que les seconds. En 1972, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a financé une étude mondiale sur les insectes des denrées entreposées; les résultats ont montré que 87 % des 505 souches de tribolium rouge de la farine (*Tribolium castaneum*) recueillies dans 78 pays sont résistantes au malathion. On a trouvé des souches résistantes dans 75 pays. En 1980, huit autres espèces de Coléoptères et Lépidoptères se sont révélées résistantes à ce produit en milieu naturel; plusieurs d'entre elles résistent en outre à d'autres insecticides organophosphorés et aux pyréthroïdes synthétiques. On donne au tableau 2 des renseignements récents (C.E. Dyte, Grande-Bretagne, publication personnelle, 1983) sur la résistance de certains insectes au malathion, à la phosphine et au bromure de méthyle en Amérique du Nord et ailleurs. Dans plusieurs pays où la résistance au malathion est répandue, on a dû recourir à d'autres méthodes pour détruire les insectes: nouveaux insecticides, fumigations ou moyens physiques. Ces mesures de remplacement ont considérablement accru le coût de la désinfestation.

Le transport de denrées infestées dans des véhicules et des bateaux eux-mêmes infestés a sûrement favorisé la propagation des souches résistantes dans le monde. On peut voir la gravité de ce problème d'après les résultats d'une étude sur les insectes détectés dans le grain d'origine étrangère dans les ports des côtes est et ouest du Canada de 1973 à 1975. Les 22 souches

Tableau 2. Résistance au malathion, à la phosphine et au bromure de méthyle des insectes faisant partie des principaux ravageurs du grain entreposé en Amérique du Nord et dans le monde

Espèces	Malathion		Phosphine		Bromure de méthyle	
	Amérique du Nord	Monde*	Amérique du Nord	Monde*	Amérique du Nord	Monde*
Corcyra cephalonica	0†	0	0	0	0	0
Cryptolestes ferrugineus	+‡	+	0	+	0	0
Ephestia cautella	+	+ +§	0	+	0	0
Ephestia elutella	0	0	0	0	0	0
Oryzaephilus mercator	+	+	+	+	+	+
Plodia interpunctella	+ + +/	+ + +	0	0	0	0
Rhyzopertha dominica	+	+ + +	0	+ +	0	+
Sitophilus granarius	0	+	+	+	0	0
Sitophilus oryzae	0	+ +	0	+	0	+
Sitophilus zeamais	0	+	0	0	0	+
Sitotroga cerealella	0	+	0	0	0	0
Tribolium castaneum	+ + +	+ + +	+	+ +	+	+
Tribolium confusum	+ +	+ + +	+	+	+	+
Trogoderma granarium	0	+	0	+	0	0

* Les données à l'échelle mondiale comprennent celles sur l'Amérique du Nord.

† Résistance inconnue.

‡ Résistance signalée.

/ Résistance signalée, causant des problèmes dans plusieurs pays ou plusieurs régions d'un grand pays.

§ Sources résistantes très répandues.

de tribolium rouge de la farine (*T. castaneum*) recueillies durant ces travaux étaient résistantes au malathion. Les cales de bateaux désinfestées au moyen de produits chimiques constituent un milieu de sélection idéal favorisant les souches résistantes aux insecticides, et leur distribution à l'échelle internationale. L'application d'insecticides pour satisfaire aux normes des organismes de réglementation peut favoriser considérablement l'apparition de la résistance dans les populations isolées, à moins qu'on en évalue l'efficacité et qu'on prenne les dispositions nécessaires pour détruire tous les insectes qui n'ont pas été éliminés. Si l'on néglige de prendre ces précautions, il se peut que des insectes survivent et soient transportés dans les cales des bateaux.

Le fait que des insectes survivent à l'application d'un insecticide peut être le premier signe de résistance. Si l'on a appliqué une dose suffisante et exécutée l'arrosage correctement, il y a lieu de tester les insectes qui ont survécu au traitement pour étudier leurs propriétés de résistance. La FAO a adopté comme test standard une épreuve sur papier filtre traité pour détecter la résistance de certains insectes des denrées entreposées. Des groupes d'insectes sont exposés à des papiers filtres renfermant juste assez d'insecticide pour neutraliser une souche que l'on sait sensible. Les insectes qu'on veut tester y sont exposés pendant cinq heures. Ceux qui ne sont pas neutralisés sont considérés comme résistants. Le degré de résistance est proportionnel au nombre des survivants. Si, après un traitement, les survivants sont trop peu nombreux pour le test, il faudrait peut-être en faire l'élevage et effectuer les épreuves avec leurs descendants lorsqu'ils sont parvenus au stade adulte.

L'une des conséquences les plus évidentes de la résistance aux insecticides est qu'un bon nombre d'insectes peuvent survivre à un traitement de désinfestation. L'inefficacité de l'insecticide peut déclencher une série d'événements. L'envoi de denrées infestées peut provoquer un déluge de plaintes de la part des consommateurs. Les insectes résistants se propageant dans les produits envoyés vers des destinations secondaires aggravera considérablement le problème. Dans certains cas, on peut compenser temporairement l'inefficacité du traitement en accroissant la dose. Non seulement une telle solution peut élever le coût du traitement, mais on court aussi le risque de dépasser les concentrations réglementaires de produits toxiques dans les denrées et d'exposer le personnel à des doses plus fortes d'insecticides ou de produits de fumigation durant le traitement.

Lorsqu'on s'aperçoit qu'un insecte résiste à un produit donné, il faut changer de méthode de désinfestation. L'emploi d'un insecticide différent peut donner des résultats satisfaisants, tant que ne se manifeste pas une nouvelle résistance. Souvent, on a recours à la fumigation, méthode généralement plus coûteuse que l'application d'insecticides de contact. Les moyens physiques peuvent remplacer les produits chimiques. Abaissement de la température, aération, injection de gaz atmosphériques et irradiation sont des méthodes valables auxquelles on recourt de plus en plus pour compléter ou remplacer les traitements chimiques. Cependant, la désinfestation par des moyens physiques, outre qu'elle est plus coûteuse que les traitements chimiques, nécessite la maîtrise d'une technologie plus perfectionnée.

CHAPITRE 7 MODES D'APPLICATION DES INSECTICIDES ET MESURES DE SÉCURITÉ

Pour détruire les insectes, les insecticides doivent être appliqués sous une forme qui convienne et en qualité suffisante. Le choix du produit, de la préparation, de la dose et du mode d'application repose sur divers facteurs: caractéristiques biologiques de l'espèce nuisible, lieu d'infestation, sensibilité de l'insecte aux divers stades de son développement, type de milieu ou de denrées infestées. Lorsqu'on emploie un insecticide, il faut toujours considérer avant tout l'efficacité du traitement et la sécurité des usagers. L'insecticide, le type de préparation et le mode d'application doivent être déterminés de façon que l'efficacité du traitement soit maximale avec la dose plus faible possible; il faut en outre que l'insecticide puisse être manipulé, distribué et appliqué avec le moins de danger possible pour les préposés à l'application du produit et les consommateurs des denrées traitées.

Dans le présent chapitre, nous parlerons des traitements à l'aide des insecticides de contact et des fumigations ainsi que des mesures de sécurité que nécessitent ces opérations.

Insecticides de contact

Les insecticides de contact peuvent être diffusés dans l'air sous forme de petites particules ou de gouttelettes pour détruire les insectes qui volent; on peut aussi le pulvériser à la surface des structures des silos-élévateurs, minoteries et entrepôts; certains produits approuvés peuvent être appliqués directement sur le grain.

Les insecticides se présentent sous forme de poussières, solutions huileuses, concentrés émulsifiables, poudres mouillables, aérosols ou bandes libérant lentement des vapeurs. On choisit l'une ou l'autre de ces préparations selon l'espèce d'insecte à détruire, le type de surface à traiter ou le produit infesté. Les solutions huileuses, appliquées en brume ou en brouillard servent à détruire les insectes qui volent; elles sont beaucoup moins efficaces que les poudres mouillables pour le traitement du béton et d'autres types de maçonnerie. Certaines préparations comme les aérosols, les poussières ou les poudres insecticides peuvent être appliquées telles quelles. Toutefois, la plupart des préparations sont concentrées et avant l'application, il faut les diluer avec de l'eau, dans le cas des concentrés émulsifiables et des poudres mouillables, ou de l'huile, dans le cas des solutions huileuses concentrés. En général, on emploie 5 L/100 m^2 de surface à traiter. La concentration d'insecticide dépend de l'espèce d'insecte qu'on veut détruire, de la température ambiante et du type de surface à traiter. Elle se situe habituellement entre 1 % et 5 %. Le mode d'application est généralement indiqué sur l'étiquette du contenant. La dose varie selon l'insecticide et l'espèce d'insecte qu'on veut détruire.

L'exemple suivant montre qu'il est facile de calculer la quantité d'eau ou d'huile qu'il faut ajouter à un concentré pour préparer un mélange d'ar-

rosage. On peut préparer un mélange d'une concentration de 2 % avec un concentré émulsifiable à 50 % avec 24 parties d'eau $\left(\frac{50-2}{2} = \frac{48}{2}\right)$ pour une partie de concentré. Par conséquent, pour obtenir 5 L de préparation d'arrosage à 2 % avec un concentré émulsifiable à 50 %, on ajoute 4,8 L d'eau à 0,2 L de concentré à 50 %.

Pour préparer une solution huileuse à base de kérosène désodorisé, il peut être nécessaire de dissoudre d'abord l'insecticide dans un solvant organique pour en faciliter la dissolution dans le kérosène. Les insecticides à base d'huile sont efficaces sur le bois non peint; ils peuvent y persister plusieurs mois. On peut s'en servir pour les arrosages à proximité des prises et des interrupteurs électriques, alors que l'emploi d'un insecticide à base d'eau est dangereux dans ces cas. Les solutions huileuses s'appliquent également au moyen de pulvérisateurs électriques; ces appareils produisent une brume de fines gouttelettes (0,03-0,1 mm de diamètre) qu'on emploie pour détruire les insectes qui volent.

Les concentrés émulsifiables sont constitués d'un ou de plusieurs produits toxiques et d'un agent émulsifiant dans un solvant organique. L'agent émulsifiant empêche le produit toxique, à base d'huile, de se séparer du solvant. En ajoutant de l'eau au concentré, on obtient une émulsion laiteuse consistant en une suspension de petites gouttelettes d'insecticide huileuses. Si l'émulsion n'est pas agitée durant l'application, elle peut se séparer, l'eau et le produit toxique formant alors deux couches distinctes. Les préparations d'arrosage émulsifiables servent au traitement des surfaces de métal ou de bois; elles persistent moins longtemps sur les surfaces de béton poreuses. On emploie certaines de ces préparations pour désinfester le grain ou pour protéger le grain non infesté durant le transport et l'arrosage.

Les poudres mouillables sont de fines poudres minérales imprégnées d'insecticide. On ajoute des agents de mouillage aux préparations pour réduire la tension superficielle et favoriser la mise en suspension des particules lorsqu'on les dilue avec de l'eau. Les préparations de poudres mouillables peuvent être employées sur tous les types de matériaux, mais on les recommande particulièrement pour le traitement des matières poreuses comme le béton. Les poudres mouillables appliquées pour arrosage font parfois de petites taches blanches sur les surfaces peintes. Pour obtenir un mélange homogène, on prépare d'abord une boue aqueuse en ajoutant une petite quantité d'eau à la poudre qu'on veut appliquer. On dilue ensuite cette boue avec le reste de l'eau. Il faut employer des buses d'arrosage à grande ouverture pour éviter qu'elles ne se bouchent.

Pulvérisateurs

Les pulvérisateurs portatifs avec bombonne sous pression d'une capacité de 5 à 15 L sont très employés pour appliquer les solutions huileuses, les émulsions diluées à l'eau et les solutions de poudre mouillable. L'orifice des buses qui servent à l'application des solutions huileuses et des émulsions mesure environ 0,4 mm de diamètre; pour les solutions de poudre mouillable, on

emploie des buses de 0,8 à 1,2 mm d'ouverture. On arrose le plancher et les murs, surtout à la jonction, car c'est là qu'on trouve le plus souvent les insectes.

Pulvérisateurs mécaniques

Lorsqu'il faut traiter des grandes surfaces comme celles qu'on trouve dans un entrepôt ou la cale d'un bateau, on emploie généralement des pulvérisateurs mécaniques. Il existe entre autres un modèle motorisé fixé sur un cadre qu'on porte à la façon d'un sac à dos. Il faut respecter tous les règlements de sécurité régissant l'emploi des produits d'arrosage et des pulvérisateurs dans les bâtiments, bateaux et minoteries.

Brumes et brouillards

Plusieurs modèles de pulvérisateurs électriques permettent de produire une brume insecticide composée de gouttelettes dont le diamètre varie entre 0,03 et 0,1 mm. L'efficacité des petites particules d'insecticide sur les surfaces des structures est de courte durée, sauf dans le cas des surfaces horizontales de bois non peint où, selon des expériences, le pyrèthre demeure actif pendant plusieurs semaines. Les pulvérisateurs à brume peuvent être employés pour appliquer des émulsions et des poudres mouillables, mais on s'en sert surtout avec les solutions huileuses. Pour détruire les papillons nocturnes, on traite les lieux infestés tous les trois jours; on élimine ainsi les adultes à leur apparition, avant qu'ils ne puissent parvenir à maturité, s'accoupler et pondre des œufs.

On produit les brouillards au moyen de thermopulvérisateurs. Les gouttelettes de liquide produites au moyen de ces appareils mesurent moins de 0,03 mm de diamètre. Il existe un modèle qui comporte une buse hydraulique par laquelle une solution à base d'huile est pulvérisée dans un jet d'air chauffé par passage à haute vitesse dans une chambre de combustion; la solution émerge de l'appareil sous forme de brouillard. On peut aussi produire un brouillard en pompant un mélange d'eau et d'insecticide à base d'huile dans des serpentins aboutissant à une chambre de combustion. Il existe plusieurs modèles de thermopulvérisateurs dans le commerce. À l'occasion d'essais expérimentaux, les brouillards de vapeurs d'insecticides ont donné de bons résultats contre les insectes qui infestent les pattes des élévateurs à godets dans les minoteries.

Poussières

On applique généralement les poussières minérales inertes au moyen de pistolets de pompage dans les endroits difficiles à traiter par arrosage. Les poussières donnent de bons résultats dans les endroits secs, à l'abri des courants d'air. Leur efficacité diminue si on les mélange avec des céréales moulues ou de la poussière de grain.

Les poussières de protection se composent d'un insecticide approuvé tel que le malathion ou le pyrèthre, et d'un agent synergique, le tout incorporé à une farine de céréale de qualité inférieure ou à un composé inerte tel que le silicate de magnésium. Seules les poussières de protection à base de farine peuvent servir au traitement des céréales destinées à être mises sur le marché. On se sert de dispositifs à compteur pour mélanger les poussières au grain au moment de l'ensilage. Les poussières à base de silicate sont généralement limitées au traitement des semences et l'une des raisons, c'est qu'elles modifient les caractéristiques d'écoulement du grain. Les poussières minérales qui servent au traitement des semences sont beaucoup moins efficaces lorsque la teneur du grain en eau dépasse celle d'un grain sec (grain dont la teneur en eau atteint 70 % HR).

Fumée et vapeurs

Certains insecticides, par exemple le lindane et le dichlorvos, servent à la préparation de mélanges fumigènes employés pour traiter les entrepôts et les cales de bateaux. Ces produits sont efficaces, mais ne sont pas utilisés au Canada car ils peuvent laisser des résidus nocifs dans les débris de grain des cales de bateaux.

Pour produire des vapeurs de dichlorvos, on se sert d'un vaporisateur dans lequel un jet d'air chaud passe sur des pastilles de résine imprégnées du produit insecticide; on peut aussi employer une bombonne d'acier remplie de dichlorvos et du fréon comme gaz vecteur. Ces méthodes se sont toutes deux révélées efficaces pour traiter les cales de bateaux. Il existe également dans le commerce des bandes de résine imprégnées de dichlorvos qui s'échappe en vapeurs. La vitesse de libération des vapeurs insecticides dépend de la température et de l'humidité de l'air ambiant. Les bandes conservent généralement leurs propriétés insecticides pendant plusieurs semaines. Elles se sont révélées efficaces dans les entrepôts pour détruire les insectes volants. Les vapeurs ne pénètrent pas suffisamment le grain pour qu'on les considère comme des gaz de fumigation.

Fumigants

Les fumigants, appliqués sous forme gazeuse, solide ou liquide, servent à détruire les insectes qui infestent le grain entreposé, la farine en vrac ou ensachée, les entrepôts et le matériel des minoteries. Le mode d'application varie selon le produit employé et la denrée ou la structure à traiter. Comme les fumigants agissent à l'état gazeux, il faut contenir le gaz se formant à l'application de façon qu'il se concentre suffisamment et agisse assez longtemps pour détruire les insectes. Les denrées ensachées doivent être bien enveloppées dans des bâches étanches aux gaz; les cales de bateaux et les bâtiments à traiter doivent être fermés hermétiquement et enfin, le grain en vrac doit être couvert d'une toile étanche aux gaz. Pour le traitement de structures à demi-ouvertes telles que la machinerie des minoteries, on doit augmenter la dose afin de compenser les fuites de gaz.

Les doses recommandées sont indiquées sur l'étiquette du contenant. Elles varient selon le type de denrées et de bâtiments à traiter, la température, le pouvoir d'absorption de gaz de la denrée, les dimensions et la forme du bâtiment et la vitesse à laquelle le gaz peut s'échapper de la structure ou de la denrée traitées. Pour calculer la dose, il faut avant tout savoir à peu près combien de temps le gaz demeurera assez concentré pour détruire les insectes présents dans l'espace fermé. Certaines espèces sont plus sensibles que d'autres aux fumigants; la sensibilité varie aussi selon le stade de développement. La dose est donc établie en fonction des effets produits chez les espèces et les stades les plus difficiles à détruire, si bien que les formes plus sensibles sont également éliminées.

Petits volumes de grain en vrac

Pour la fumigation de petits volumes de grain (moins de 100 t environ) dans un petit silo on peut employer du phosphure d'aluminium (PH_3) sous forme de comprimés ou de pastilles, ou on peut utiliser des produits liquides. Avant de faire le traitement, il faut colmater autant que possible la structure d'entreposage au moyen d'un produit spécial ou d'un ruban de tissu adhésif pour empêcher le gaz de s'échapper. On commence par égaliser le plus possible la surface. Les comprimés et les pastilles sont introduits au moyen de tubes métalliques d'environ 5 cm de diamètre et de 1,5 à 2,5 m de longueur. Afin d'assurer une couverture uniforme on introduit un tube à tous les mètres carrés de surface, puis on laisse tomber les comprimés à mesure qu'on retire les tubes de la masse de grain, ce qui assure une bonne distribution de l'insecticide à diverses profondeurs. Lorsque le traitement est terminé, on couvre la surface d'une toile étanche aux gaz pour contenir les vapeurs de fumigation.

L'application des fumigants liquides doit se faire par une porte ou une trappe ouverte. Il est déconseillé de le faire depuis l'intérieur du bâtiment, car les gaz qui se forment sont parfois trop concentrés pour que les masques à gaz ordinaires soient efficaces. Pour l'arrosage, on peut installer une pompe à étrier sur un baril ouvert contenant le produit liquide. On se sert d'un boyau souple auquel on fixe une buse à grande ouverture pour arroser la surface du grain. Il faut deux personnes pour exécuter ces opérations et chacune doit porter un masque à gaz.

Gros volumes de grain en vrac

Pour traiter de gros volumes de grain en vrac entreposés dans des bâtiments peu élevés (environ 10 mètres de haut) ou des masses couvertes de toiles étanches aux gaz, on peut employer des comprimés ou des pastilles de phosphure d'aluminium ou de bromure de méthyle (BM) dans des cylindres d'acier qu'on introduit par des tubes de plastique. On égalise d'abord la surface de la masse de grain, puis, lorsque le traitement est terminé, on la couvre d'une feuille de plastique dont on scelle les bords de façon à contenir les vapeurs. Le gaz qui se forme lorsque le BM liquide se vaporise (point d'ébullition à 3,6 °C) est diffusé par les perforations des tuyaux métalliques

dans l'espace fermé au-dessus du grain. L'eau que contient le grain peut se condenser sur la face inférieure de la toile de plastique si on la laisse en place pendant plus d'une journée.

Dans certains terminaux, les élévateurs comportent des silos spécialement aménagés pour la fumigation du grain. Ces silos sont dotés de tuyaux et de dispositifs d'aération grâce auxquels le gaz est diffusé et contenu durant la période nécessaire à la désinfestation.

Il existe des machines qui permettent d'introduire des pastilles de phosphure d'aluminium dans le grain à mesure que celui-ci est ensilé. On trouve également des préparations en sachets de 33 g qui produisent 11 g de phosphine (PH_3) au contact de l'air.

Le grain entreposé en vrac peut être infesté dans des endroits localisés, en surface ou en profondeur. Ces points d'infestation peuvent se réchauffer par suite de l'activité des insectes et des microbes qui s'y trouvent. Dans le reste de la masse, le grain peut être plus frais et relativement peu touché par l'infestation. Par temps frais, il peut suffire de ne traiter que les foyers d'infestation pour conserver le grain en bon état. On peut traiter les foyers d'infestation en y introduisant directement des fumigants liquides par des tuyaux de métal à fond perforé. On fait pénétrer le tuyau à divers endroits dans la zone infestée et tout autour. On peut également effectuer la fumigation avec des comprimés ou des pastilles de phosphure d'aluminium qu'on introduit, dans la zone infestée et tout autour, par un tuyau de 5 cm de diamètre. La phosphine met plus de temps à détruire les insectes (de 3 à 7 jours) que la plupart des fumigants liquides.

Minoteries

Dans les minoteries et les autres installations de transformation des céréales, on se sert beaucoup des fumigants pour détruire les insectes qui infestent l'équipement des minoteries et les endroits qu'il est impossible d'atteindre avec des insecticides de contact. Dans les minoteries, les insectes peuvent se multiplier grâce aux ressources nutritives et à la protection qu'ils trouvent dans les machines telles que les dispositifs de nettoyage, supports de rouleaux, séparateurs, tamiseurs, convoyeurs et cellules d'entreposage. Les grands espaces ouverts et les structures intérieures des minoteries offrent aux Lépidoptères et aux Coléoptères un endroit pour se mouvoir, se développer et se reproduire.

Fumigation des espaces

Pour la fumigation des espaces ouverts d'une minoterie, on peut employer du bromure de méthyle, du cyanure d'hydrogène, des mélanges de bromure de méthyle (BM) et de dibromure d'éthylène (DBE) (70 % de BM et 30 % de DBE) et de la phosphine. Dans certains cas, on peut utiliser du dichlorvos. Tous les produits de fumigation s'accompagnent d'instructions complètes sur le mode d'application. À l'exception de la phosphine, ces produits sont généralement vendus dans des bombonnes d'acier de tailles

variées qu'on peut placer à divers endroits à chacun des étages de la minoterie ou qu'on peut brancher sur un réseau de conduites à l'intérieur ou à l'extérieur des installations. Il peut être nécessaire de faire passer le bromure de méthyle liquide dans des serpentins immergés dans de l'eau chaude pour qu'il soit vaporisé avant de pénétrer dans la minoterie.

À chaque étage, on place des ventilateurs électriques pour favoriser la dispersion des vapeurs de fumigation, car celles-ci tendent à se stratifier selon leur densité. On ouvre d'abord les bombonnes de l'étage supérieur, puis successivement celles des étages situés au-dessous. Lorsqu'on emploie des comprimés de phosphine, on les dépose sur des feuilles de papier épais qu'on place un peu partout sur le plancher, à chaque étage.

Avant de procéder à la fumigation d'un local, il faut enlever toutes les céréales qui y sont entreposées et ouvrir les pièces d'équipement pour que le gaz puisse y pénétrer. Les produits fortement infestés dont la détérioration est avancée doivent être traités dans des chambres à fumigation hermétiquement fermées, puis enterrés dans une fosse d'enfouissement sanitaire. Les fenêtres, portes et ouvertures d'aération doivent être bien fermées et scellées.

La durée de la fumigation d'un local dépend du produit employé pour le traitement. Certains produits comme le cyanure d'hydrogène agissent rapidement; la fumigation dure alors 12 heures au plus. On peut faire une fumigation au BM en 24 heures. La phosphine agit plus lentement sur les insectes et peut nécessiter un traitement de deux jours ou plus.

Fumigations localisées

Pour désinfester les minoteries conformément aux normes sanitaires, il est très courant de pratiquer la fumigation directe de la machinerie lorsque l'entreprise est fermée, habituellement une fin de semaine. Divers types de préparations et de doses peuvent servir à cette fin. On peut placer au centre du bâtiment des dispositifs automatiques ajustés de telle sorte qu'il s'en dégage une dose pré-déterminée lorsqu'ils sont introduits dans l'équipement. On peut aussi installer des réseaux de conduites et des canalisations d'évacuation pour faciliter le traitement localisé de l'équipement. Les personnes exécutant l'opération doivent travailler par groupes de deux et porter des vêtements protecteurs et un masque à gaz. On traite d'abord l'équipement du rez-de-chaussée, puis, successivement, celui des étages supérieurs pour éviter d'être en contact avec des vapeurs fortement concentrées, le gaz de fumigation étant lourd. Il faut toujours placer des panneaux indiquant qu'il y a danger autour des bâtiments traités par fumigation. On conseille aussi de placer des gardes de sécurité tant que dure le traitement et l'aération et que les lieux n'ont pas été déclarés sûrs.

Chambres de fumigation

Il existe des chambres étanches spécialement conçues pour la fumigation des denrées infestées; on y contrôle la température, la pression et la concentration de gaz. S'il faut effectuer le traitement à une pression inférieure

à la pression atmosphérique, il faut employer des installations capables de résister à l'effet de décompression. Toutes les chambres de fumigation doivent être dotées de l'équipement nécessaire pour que l'injection, la dispersion et l'évacuation des gaz de fumigation s'effectuent efficacement et sans danger. La conception, la construction et l'exploitation d'une chambre de fumigation doivent respecter les normes établies par les organismes de réglementation régissant ce type d'installations.

Facteurs influant sur la fumigation

Pour que la fumigation soit efficace, les insectes doivent être exposés assez longtemps à une quantité suffisante de gaz. La température du milieu influe sur l'efficacité de la fumigation. Les insectes des stades adulte et larvaire sont surtout actifs entre 25 °C et 35 °C; les fumigations sont particulièrement efficaces dans ces limites. En général, il est déconseillé de faire une fumigation si la température est inférieure à 10 °C en raison de l'inefficacité possible du produit et du grand pouvoir de sorption des denrées à ces températures. La sorption est un processus complexe suivant lequel une substance est fixée chimiquement ou physiquement sur une autre substance. Dans le cas des gaz, ce processus dépend de la température et de la teneur en eau de la substance traitée. Certaines céréales et farines sorbent davantage les produits de fumigation que d'autres.

Les différences de température dans la masse de grain peuvent générer des courants de convection qui influent sur la diffusion et la dispersion des vapeurs de fumigation. Il faut donc appliquer le produit de fumigation aussi uniformément que possible pour faire en sorte que le gaz soit également dispersé. Le fait que la température soit basse à la périphérie de la masse de grain et plus élevée au cours influe sur les mouvements ascendants et descendants des vapeurs de fumigation. Les fuites et les courants d'air peuvent aussi modifier la dispersion des gaz.

Sécurité

La sécurité est une question primordiale lorsqu'on travaille avec des produits de désinfestation chimiques. C'est aux organismes de réglementation que revient la responsabilité première en ce qui a trait à l'adoption des mesures de sécurité à prendre. Les caractéristiques techniques, la sécurité d'application et les propriétés insecticides de tous les composés chimiques proposés par la désinfestation des denrées entreposées sont minutieusement étudiées. Les produits qui satisfont aux critères peuvent être homologués pour un usage spécifique. La Division des pesticides de la Direction générale de la production et de l'inspection des aliments à Agriculture Canada est responsable de l'homologation des pesticides.

Les insecticides qui servent au traitement des denrées entreposées doivent satisfaire à certaines conditions avant qu'on en approuve l'usage. Ils ne doivent pas contaminer ni modifier le goût des produits avec lesquels ils peuvent être en contact; ils doivent être peu toxiques pour les mammifères

afin qu'on puisse sans danger les appliquer et consommer les denrées qu'ils ont servi à traiter; la concentration des résidus qui se forment dans le grain traité selon les recommandations ne doit pas dépasser les limites acceptables établies; le traitement doit être efficace lorsqu'il est effectué suivant les instructions données et, enfin, ces insecticides ne doivent présenter aucun danger pour les personnes qui les appliquent en respectant les doses recommandées. Ces conditions limitent le nombre et la diversité des produits chimiques qu'on peut employer pour la désinfestation des denrées entreposées.

Pour appliquer un pesticide, il faut toujours suivre les recommandations du fabricant, qui figurent généralement sur l'étiquette du contenant. On y indique clairement quelles doses et mesures de sécurité appliquer pour que l'utilisateur soit protégé et que le traitement soit le plus efficace possible.

Insecticides de contact

Les insecticides de contact se présentent habituellement sous forme de concentrés qu'il faut diluer avec de l'huile ou de l'eau pour obtenir un mélange de concentration appropriée. Pendant la préparation, il faut se protéger les mains et le visage. On recommande de porter des gants de néoprène ou de caoutchouc, des bottes de caoutchouc, des lunettes de sécurité et un masque à gaz, avec la cartouche filtrante appropriée, pour éviter d'inhaler des vapeurs, car celles-ci peuvent être dangereuses. Il faut aussi porter des vêtements protecteurs. Les gants de cuir ou de tissu sont déconseillés. Après le traitement, l'équipement d'arrosage doit être vidé et rincé à l'eau. L'utilisateur doit aussi se laver les mains et le visage et rincer les gants et les vêtements éclaboussés.

Les vaporisateurs et les vêtements protecteurs doivent être remisés dans une pièce sûre, bien aérée et fermée à clef pour éviter qu'on ne les utilise sans autorisation. Les contenants de produits chimiques doivent être remisés sur des étagères dans une pièce séparée où sont installés des bancs et des lavabos avec eau chaude et eau froide. La pièce doit être aérée pour prévenir la concentration d'émanations toxiques.

Les contenants vides doivent être rincés à grande eau et perforés afin qu'ils ne soient pas réutilisés. Il faut ensuite les enterrer dans une fosse d'enfouissement approuvée. L'eau employée pour les nettoyer doit être éliminée suivant les dispositions des organismes chargés de cette question. L'une des méthodes possibles consiste à les déverser sur un terrain de gravier à découvert entouré d'une clôture.

Pour appliquer des poudres minérales, on doit porter un masque, des lunettes de sécurité et des gants. On emploie généralement un pistolet et l'on commence généralement le traitement aussi loin que possible des portes du bâtiment.

Fumigants

Pour effectuer une fumigation ou manipuler les produits servant dans ce genre de traitement, il faut porter un masque à gaz (à pression positive de préférence) couvrant tout le visage et y installer la cartouche appropriée.

Il est à noter que les cartouches ne protègent pas nécessairement contre tous les gaz de fumigation. Certaines n'éliminent qu'un seul type de gaz. Les fabricants de fumigants indiquent quel type de cartouche employer avec leur insecticide. Leurs recommandations doivent être scrupuleusement suivies. Les cartouches ont une durée de vie qu'il ne faut pas dépasser; il faut les remplacer chaque fois qu'on les a utilisées. Les masques à gaz doivent être bien lavés et séchés après utilisation; il faut aussi en tester l'étanchéité avant de s'en servir sur les lieux d'une fumigation. Il est conseillé de porter des vêtements protecteurs et des gants de caoutchouc, d'enlever immédiatement les vêtements éclaboussés et de toujours être accompagné d'au moins une autre personne lorsqu'on applique un fumigant. Une fois le traitement terminé, il faut clouer les portes ou les fermer à clef et placer des panneaux indiquant qu'il y a danger.

Deuxième partie
Canada

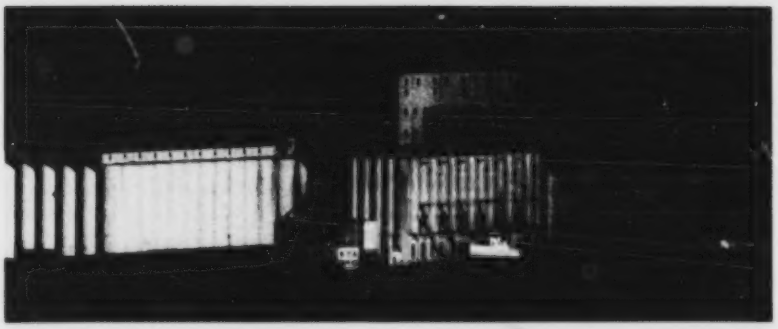
CHAPITRE 8 L'ENTREPOSAGE DU GRAIN AU CANADA

Au Canada, le grain est transporté des fermes jusqu'aux marchés en plusieurs étapes. Chacune représente un élément dans le réseau que constituent l'entreposage, la distribution, le traitement et la mise en marché. À chacune de ces étapes, divers facteurs peuvent provoquer la détérioration du grain ou des sous-produits qu'on en tire. Les insectes et d'autres animaux nuisibles peuvent infester les denrées en transit dans ce réseau. Toutefois, on peut prévenir ou minimiser les ravages des insectes par une série de mesures réglementaires et, au besoin, par l'application prompte de mesures correctives.

Les principaux éléments du réseau sont les silos-élévateurs primaires, il en existe quelque 3 000 dans les régions céréalières des provinces des Prairies; les 19 silos-élévateurs terminaux d'exportation de la côte ouest, de Thunder Bay (Ontario) et de Churchill (Manitoba) (fig. 20), et les 5 silos-élévateurs terminaux intérieurs de l'Alberta et de la Saskatchewan; les 27 silos-élévateurs de transbordement des Grands Lacs, de la voie maritime du Saint-Laurent et des ports de la côte est; les minoteries (fig. 21), les usines à provendes (fig. 22) et les autres installations de transformation de céréales qu'on trouve dans la plupart des provinces; et enfin, les wagons et les bateaux. Les installations d'entreposage et de transformation sont toutes régulièrement contrôlées à l'occasion d'inspections périodiques. Les wagons sont inspectés aux points de chargement avant d'être remplis de grain; les bateaux sont contrôlés avant le chargement et, au besoin, ils sont désinfestés.

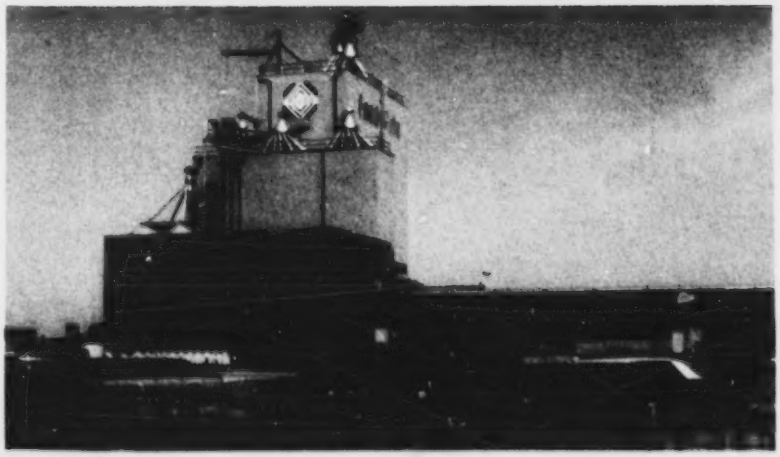
Agriculture Canada joue un rôle de premier plan dans l'application des programmes d'inspection et de contrôle de la qualité mis en œuvre pour maintenir la qualité supérieure du grain et des produits céréaliers canadiens et ce, tant pour le marché intérieur que pour le marché étranger. La Commission canadienne des grains pour sa part est chargée de contrôler la qualité du grain qui arrive aux silos-élévateurs primaires, le premier élément du réseau. Le grain y arrive directement des fermes; c'est là qu'on en détermine la qualité et les caractéristiques pour la première fois. Tous les silos-élévateurs, de même que toutes les installations annexes servant à la manutention, au séchage, au nettoyage et à l'entreposage, doivent être conformes aux normes et règlements adoptés et être exempts d'organismes nuisibles en vue de préserver la qualité des produits qui y sont traités. Le grain infesté ne peut être entreposé dans les silos-élévateurs primaires qu'après avoir subi une fumigation.

La Division de pesticides de la Direction générale de la production et de l'inspection des aliments, d'Agriculture Canada, est chargée d'inspecter les silos-élévateurs terminaux des ports, les silos-élévateurs de transbordement des Grands Lacs et de la voie maritime du Saint-Laurent, les minoteries et autres installations de transformation des céréales où sont manipulés ou fabriqués des produits d'exportation ainsi que les bateaux servant au transport vers l'étranger de céréales, oléagineux et produits dérivés. Toutes les installations du réseau d'acheminement des denrées doivent être conformes aux



20

21



22

Fig. 20 Élévateur terminal dans un port canadien.
Fig. 21 Minoterie du centre du Canada.
Fig. 22 Usine à provendes du centre du Canada.

normes strictes du Canada afin que les produits alimentaires manipulés, fabriqués et transportés dans nos installations soient exempts d'insectes ou d'autres animaux nuisibles qui pourraient les endommager et en diminuer la qualité. On accorde des certificats phytosanitaires pour les produits agricoles qui satisfont aux normes.

La Direction générale de la recherche renseigne les organismes de réglementation d'Agriculture Canada sur la biologie des insectes et d'autres organismes qui infestent les denrées entreposées, leur importance au Canada et à l'étranger et les moyens recommandés pour les détruire.

Au Canada, peu d'insecticides et de fumigants sont officiellement homologués pour la désinfestation des denrées entreposées. Ces produits sont choisis en fonction de leur efficacité et du risque négligeable qu'ils représentent pour la santé de l'homme et des animaux. La Division des pesticides est également chargée de l'homologation des produits de désinfestation; elle tient compte de toutes les caractéristiques toxicologiques des composés évalués. Seuls sont homologués les produits qui remplissent les conditions stipulées pour la désinfestation; la décision est rendue après consultation des autres organismes de réglementation et de la Direction générale de la recherche.

CHAPITRE 9 ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RAPPORTS D'INSPECTION PHYTOSANITAIRE

Les rapports d'inspection des minoteries et des silos-élévateurs utilisés dans la présente analyse ont été préparés initialement en vue de la délivrance des certificats phytosanitaires conformément aux directives d'Agriculture Canada en matière d'inspection; ces directives sont présentées dans le second Manuel d'inspection des navires, minoteries et silos-élévateurs (inédit, diffusion interne seulement). Ce manuel standardise la procédure d'inspection et de préparation des rapports dans tous les secteurs et les bureaux de la Direction générale de la production et de l'inspection des aliments, d'Agriculture Canada. Les inspections visent à assurer que les produits céréaliers vendus sur le marché intérieur et, en particulier, à l'étranger sont de grande qualité.

Infestations saisonnières au Canada

Un certain nombre de rapports concernant les structures d'entreposage de diverses régions du Canada (fig. 23) ont été produits de 1969 à 1981. Nous les avons répartis en trois grandes catégories: silos-élévateurs, minoteries et usines à provendes ayant des installations d'entreposage, de manutention et de transformation (tableau 3). Notons que certaines installations d'entreposage ont fait l'objet d'inspections répétées de façon aléatoire durant une même année ou pendant plusieurs années. Par conséquent, certaines municipalités ont produit plus de rapports que d'autres comme c'est le cas à Toronto et à Montréal, et il faut tenir compte de cette disparité en interprétant l'analyse présentée ci-après. Les rapports ont en outre été subdivisés en douze sous-groupes suivant le nombre d'inspections saisonnières effectuées dans les trois principaux types de structures d'entreposage. Bien qu'on ait fait un nombre suffisant d'inspections à chaque saison, la plupart ont été effectuées en automne. Sur l'ensemble des rapports produits de 1969 à 1981, 52 % à 69 % signalent des infestations d'arthropodes dans les produits céréaliers. Le taux d'infestation le plus élevé, 69 %, a été enregistré dans les minoteries (tableau 4). Les taux d'infestation saisonniers ont varié de 31 % en hiver dans les silos-élévateurs, à 74 % en automne dans les minoteries. Dans ce dernier cas, la plupart des infestations, soit entre 73 et 74 %, se sont produites en été et en automne; au printemps, le taux était au plus bas. Dans les silos-élévateurs, la plupart des infestations ont eu lieu en automne et en été; le taux étant au minimum en hiver. Enfin, dans les usines à provendes, il a fluctué entre 50 % et 59 % toute l'année.

Association entre insectes et acariens importants et diverses denrées et divers habitats

Entre 1969 et 1981, les inspecteurs de la Direction générale de la production et de l'inspection des aliments d'Agriculture Canada ont trouvé divers

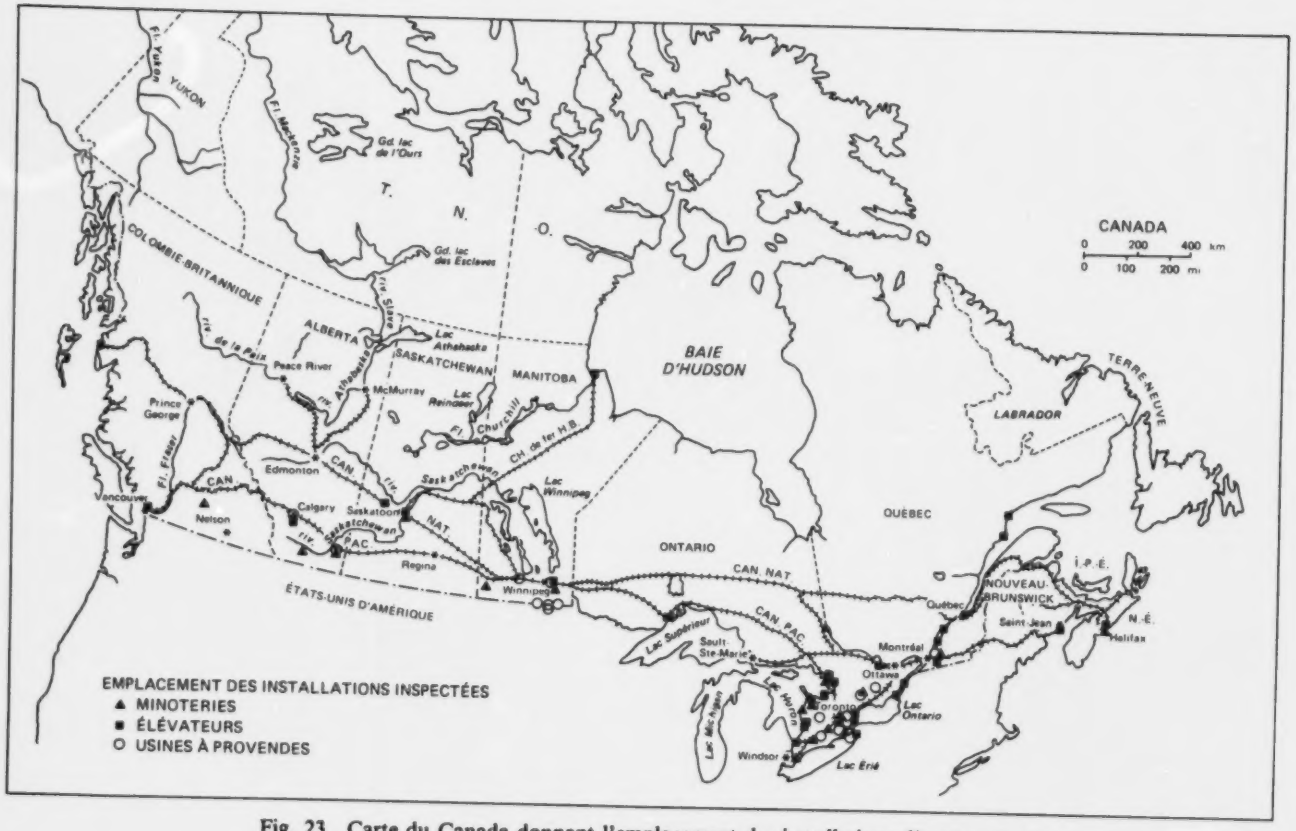


Fig. 23 Carte du Canada donnant l'emplacement des installations d'entreposage qui ont obtenu un certificat phytosanitaire à la suite d'une inspection entre 1969 et 1981.

Tableau 3. Infestations d'arthropodes au Canada (1969–1981)

Région	Type d'installation*	Toute l'année	Été	Automne	Hiver	Printemps
CANADA						
Nbre de rapports d'inspection	min.	1019	235	281	265	238
	élév.	1095	286	313	234	262
	prov.	413	92	121	101	99
Rapports faisant état d'infestations (%)	min.	69	73	74	66	62
	élév.	52	66	67	31	37
	prov.	55	57	59	54	50
Nbre d'espèces d'arthropodes	min.	62	46	43	34	31
	élév.	70	55	54	28	39
	prov.	53	37	38	26	29
Total des infestations signalées	min.	1186	315	335	269	267
	élév.	1312	456	587	109	159
	prov.	599	189	176	102	132
PROVINCES						
Colombie-Britannique						
Nbre de rapports d'inspection	min.	25	7	8	6	4
	élév.	21	8	5	2	6
	prov.	0	0	0	0	0
Rapports faisant état d'infestations (%)	min.	76	86	88	67	50
	élév.	95	100	100	100	83
	prov.	—	—	—	—	—
Nbre d'espèces d'arthropodes	min.	8	4	5	3	1
	élév.	32	25	14	11	12
	prov.	—	—	—	—	—

Tableau 3. Infestations d'arthropodes au Canada (1969-1981) *(suite)*

Région	Type d'installation*	Toute l'année	Été	Automne	Hiver	Printemps
Total des infestations signalées	min.	23	7	8	6	2
	élév.	103	48	24	13	18
	prov.	-	-	-	-	-
Provinces des Prairies						
Nbre de rapports d'inspection	min.	203	35	61	54	53
	élév.	24	8	9	3	4
	prov.	92	13	36	22	21
Rapports faisant état d'infestations (%)	min.	70	77	74	69	62
	élév.	17	13	22	0	25
	prov.	52	69	53	46	48
Nbre d'espèces d'arthropodes	min.	19	7	10	8	13
	élév.	4	1	2	0	1
	prov.	16	9	12	5	9
Total des infestations signalées	min.	182	34	54	42	52
	élév.	4	1	2	0	1
	prov.	91	18	38	16	19
Ontario (Thunder Bay)						
Nbre de rapports d'inspection	min.	0	0	0	0	0
	élév.	151	34	36	43	38
	prov.	0	0	0	0	0
Rapports faisant état d'infestations (%)	min.	—	—	—	—	—
	élév.	39	47	72	19	24
	prov.	—	—	—	—	—

Nbre d'espèces d'arthropodes	min.	—	—	—	—	—
	élév.	19	13	15	5	8
	prov.	—	—	—	—	—
Total des infestations signalées	min.	—	—	—	—	—
	élév.	98	29	50	8	11
	prov.	—	—	—	—	—
Ontario						
Nbre de rapports d'inspection	min.	372	85	99	102	86
	élév.	307	75	85	79	68
	prov.	239	58	63	60	58
Rapports faisant état d'infestations (%)	min.	70	78	76	65	64
	élév.	55	67	79	30	43
	prov.	69	67	78	70	60
Nbre d'espèces d'arthropodes	min.	48	37	33	29	22
	élév.	40	27	29	15	24
	prov.	49	36	33	23	27
Total des infestations signalées	min.	580	162	149	136	133
	élév.	393	123	180	36	54
	prov.	494	167	134	84	109
Québec						
Nbre de rapports d'inspection	min.	362	94	99	87	82
	élév.	502	136	152	85	129
	prov.	82	21	22	19	20
Rapports faisant état d'infestations (%)	min.	72	76	74	71	66
	élév.	45	60	57	25	30
	prov.	16	19	14	11	20
Nbre d'espèces d'arthropodes	min.	28	22	22	11	12
	élév.	47	32	37	13	20
	prov.	4	2	2	2	1

Tableau 3. Infestations d'arthropodes au Canada (1969-1981) *(fin)*

Région	Type d'installation*	Toute l'année	Été	Automne	Hiver	Printemps
Total des infestations signalées	min.	374	109	113	76	76
	élév.	644	215	323	35	71
	prov.	14	4	4	2	4
Provinces Maritimes						
Nbre de rapports d'inspection	min.	57	14	14	16	13
	élév.	90	25	26	22	17
	prov.	—	—	—	—	—
Rapports faisant état d'infestations (%)	min.	35	14	57	44	23
	élév.	79	96	96	59	53
	prov.	—	—	—	—	—
Nbre d'espèces d'arthropodes	min.	6	2	4	4	2
	élév.	24	19	12	8	5
	prov.	—	—	—	—	—
Total des infestations signalées	min.	27	3	11	9	4
	élév.	167	69	58	25	15
	prov.	—	—	—	—	—

* min.: minoteries; élév.: silos-élévateurs; prov.: usines a provendes (comprend les entrepôts).
Nota: Les infestations saisonnières au Canada par ordre décroissant sont: min.: automne, été, hiver, printemps; élév.: automne, été, printemps, hiver; prov.: été, automne, printemps, hiver.

Tableau 4. Fréquence des infestations attribuées aux 10 insectes les plus répandus dans les minoteries au Canada (1969–1981)

Ordre d'importance	Insecte $n = 94$*	Cas signalés dans les rapports (%)	Type de denrée			Endroit infesté		
			Blé $n = 33$* (%)	Farine $n = 94$* (%)	Poussière débris $n = 104$* (%)	Equipement, enceintes $n = 193$* (%)	Murs, planchers $n = 585$* (%)	Plusieurs endroits $n = 125$* (%)
1	*Tribolium castaneum*	25	6	61	16	19	20	50
2	*Tribolium confusum*	20	3	15	29	22	21	19
3	*Tribolium* spp.	7	0	5	14	4	7	10
4	*Attagenus* spp.	5	3	1	4	3	8	4
5	*Sitophilus granarius*	4	21	2	2	7	4	2
6	*Gibbium psylloides*	3	0	0	1	2	6	2
7	*Tenebrio molitor*	3	6	1	4	4	3	2
8	*Cryptolestes pusillus*	3	6	0	3	9	1	3
9	*Cryptolestes ferrugineus*	3	24	1	3	6	1	2
10	*Tenebroides mauritanicus*	3	9	1	2	3	3	0

* n = Nombre de rapports. Nombre total: 1019; rapports signalant des infestations: 69%.

insectes, acariens et autres arthropodes dans les minoteries, silos-élévateurs, usines à provendes et autres installations canadiennes où étaient entreposées des céréales, des oléagineux ou des dérivés de ces produits. Nous avons vérifié l'exactitude du nom scientifique (espèce, genre, famille et ordre) qu'on a donné à ces divers arthropodes, puis nous les avons classés dans les catégories supérieures (c.-à.-d. ordre et famille) auxquelles ils appartiennent, suivant la présentation des rapports d'inspection (Appendice I). Étant donné que les connaissances et l'expérience des inspecteurs en matière d'entomologie étaient variables, il se peut que certains des arthropodes énumérés sur cette liste soient incorrectement identifiés. Malheureusement, comme aucun spécimen n'a été conservé, nous n'avons pu corriger les erreurs qui ont pu s'être glissées. Il faut donc interpréter les résultats de la présente analyse en tenant compte de cette lacune.

On a trouvé 95 arthropodes différents dans les trois types d'installations à l'étude (Appendice I). Bon nombre d'entre eux, identifiés sous le nom taxonomique du niveau habituel, sont des ravageurs importants au point de vue économique. Par ailleurs, plusieurs insectes, identifiés par leur nom d'espèce, de genre, de famille, d'ordre ou à un niveau élevé, ne sont signalés qu'occasionnellement et sont considérés comme ayant une importance économique négligeable. Les cartes illustrent la distribution de divers insectes infestant les minoteries, les silos-élévateurs et les usines à provendes au Canada. C'est dans les silos-élévateurs qu'on trouve la plus grande variété; en effet, les rapports font état de 70 types d'arthropodes (tableau 3). Les espèces sont moins diversifiées en hiver et au printemps qu'en été et en automne.

Insectes communs dans les minoteries

On signale des infestations d'insectes dans 69 % des 1 019 rapports portant sur les minoteries du Canada. Les 10 insectes les plus communs dans les minoteries sont énumérés au tableau 4. Parmi ceux-ci, *Tribolium castaneum* et *T. confusum* sont les deux espèces les plus répandues; on les mentionne respectivement dans 25 % et 20 % des rapports. Après les *Tribolium* spp. viennent *Attagenus* spp. et *Sitophilus granarius*. *Tenebrio molitor* et *Tenebroides mauritanicus*, deux insectes de grande taille, font également partie de ce groupe. *Cryptolestes ferrugineus*, ravageur le plus important dans l'ouest du Canada, arrive au neuvième rang. Dans les installations de la minoterie, *Tribolium castaneum* se trouve le plus souvent dans la farine, tandis que *T. confusum* est généralement dans la poussière et les débris. Ces deux espèces sont également communes dans le matériel de meulage, les pieds de silos-élévateurs, sur les murs et sur les planchers. *Sitophilus granarius* et *C. ferrugineus* se voient le plus souvent sur les grains de blé entier dans les pieds de silos-élévateurs. Le blé est aussi l'aliment préféré de *Tenebroides mauritanicus*, *Tenebrio molitor* et *C. pusillus*. Les *Attagenus* spp. et *Gibbium psylloides* se trouvent plus fréquemment sur les murs et sur les planchers que dans les pieds de silos-élévateurs.

Insectes communs dans les silos à grains

Des 1 095 rapports concernant des silos à grains, 52 % signalent des infestations d'insectes ou d'acariens. Les 10 insectes les plus communs dans les silos-élévateurs sont énumérés au tableau 5. *Tenebrio molitor, Nemapogon granella* et les *Attagenus* spp. sont les trois insectes le plus souvent mentionnés; on signale leur présence respectivement dans 17 %, 14 % et 10 % des rapports. Viennent ensuite *Cryptolestes ferrugineus,* certains acariens et *Sitophilus granarius,* mentionnés dans 5-7 % des rapports. *Sitophilus oryzae* est également au nombre des dix insectes les plus communs, même si on ne le trouve pas dans les fermes et les silos-élévateurs à grains des provinces des Prairies où une bonne partie du grain du Canada est produite et entreposée.

Dans ces silos, *T. molitor* se trouve habituellement dans les poussières et les débris de grains (fréquence de 20 %) et dans le blé (fréquence de 14 %). Cet insecte infeste plus ou moins également les pieds d'élévateurs, les planchers et les cellules vides.

Nemapogon granella a surtout été observé dans le blé entreposé et dans certaines autres denrées; d'après les rapports, on peut établir les fréquences suivantes: 22 % dans le blé, 11 % dans les poussières et les débris, 10 % dans l'orge, 9 % dans la fève soja et 6 % dans le maïs. Les fréquences sont semblables dans tous les endroits (tableau 5).

Les *Attagenus* spp. sont surtout communs dans les poussières et les débris, mais on en a fréquemment trouvé dans l'orge et, dans une moindre mesure, dans le blé. On n'en a pas détecté dans le maïs et la fève soja. On les a observés à plusieurs endroits, plus particulièrement sur les murs et les planchers, mais ils ne semblent pas préférer un habitat en particulier.

On a trouvé *C. ferrugineus* dans diverses denrées entreposées; la fréquence d'apparition était la suivante: orge 18 %, maïs 12 %, fève soja 9 %, blé 8 %, poussière et débris 3 %. Étant donné que cet insecte est un grand ravageur du blé, il est intéressant de noter qu'on l'a relativement peu observé dans cette céréale. Il était relativement commun dans tous les types d'habitats. *Cryptolestes pusillus* a été observé dans les mêmes proportions dans tous les types de denrées, poussières et débris, mais on l'a trouvé moins souvent dans l'orge.

S. granarius était commun dans la fève soja et le maïs; il a été moins fréquemment observé dans le blé et l'orge. On l'a vu surtout dans des cellules vides. Quant à *S. oryzae* on l'a observé le plus communément dans le maïs et la fève soja; on n'en a pas trouvé dans l'orge. Le plus souvent il était dans des cellules vides.

On a surtout vu *Tenebroides mauritanicus* dans la fève soja et le maïs. Il se trouvait plus fréquemment dans les cellules vides qu'ailleurs.

On a détecté occasionnellement *Pyralis farinalis* dans tous les milieux et types de denrées inspectés, à l'exception de la fève soja.

Les cellules vides constituent l'habitat le plus courant des acariens (tableau 5). On a noté les fréquences suivantes: blé 13 %, orge 8 %, maïs 2 % et fève soja 0 %.

Tableau 5. Fréquence des infestations attribuées aux 10 insectes les plus répandus dans les silos à grains au Canada (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'insecte ou d'acarien $n=94$*	Cas signalés dans les rapports (%)	Type de denrée					Endroit infesté			
			Blé $n=151$* (%)	Orge $n=39$* (%)	Maïs $n=51$* (%)	Fève soja $n=11$* (%)	Poussière debris $n=169$* (%)	Equipement, enceintes $n=156$* (%)	Murs, planchers $n=273$* (%)	Cellules vides $n=72$* (%)	Plusieurs endroits $n=103$* (%)
1	*Tenebrio molitor*	17	14	0	0	0	20	19	22	18	26
2	*Nemapogon granella*	14	22	10	6	9	11	15	12	11	13
3	*Attagenus* spp.	10	3	15	0	0	20	5	14	8	15
4	*Cryptolestes ferrugineus*	7	8	18	12	9	3	5	3	6	5
5	Mites	5	13	8	2	0	1	3	3	6	6
6	*Sitophilus granarius*	5	4	3	16	27	4	3	4	8	4
7	*Cryptolestes pusillus*	3	9	5	8	9	7	1	0	4	2
8	*Sitophilus oryzae*	3	3	0	18	18	2	1	2	6	1
9	*Pyralis farinalis*	3	1	3	2	0	3	5	4	3	2
10	*Tenebroides mauritanicus*	3	1	3	12	18	1	1	3	8	0

* n= Nombre de rapports. Nombre total: 1095; rapports signalant des infestations: 52%.

Insectes et acariens communs dans les entrepôts et les usines à provendes

On signale des infestations d'insectes dans 55 % des 413 rapports de cette catégorie. Les dix insectes les plus communs des entrepôts et des usines à provendes sont énumérés au tableau 6 par ordre d'importance. Comme dans le cas des minoteries, *Tribolium castaneum* et *T. confusum* sont les deux espèces les plus communes; on les mentionne respectivement dans 14 % et 13 % des rapports. Viennent ensuite les *Attagenus* spp., qu'on signale dans 12 % des rapports, puis *Nemapogon granella, Cryptolestes ferrugineus* et *Tenebrio molitor,* mentionnés dans 6 % des rapports; enfin, *Oryzaephilus surinamensis* et *Plodia interpunctella,* qui ne sont pas au nombre des dix insectes les plus communs dans les minoteries et les élévateurs à grain, sont mentionnés respectivement dans 5 % et 4 % des rapports. Comme dans toutes les autres catégories d'installations, *Tenebroides mauritanicus* arrive au dernier rang.

Tribolium castaneum infeste le plus souvent les poussières et les débris. On l'a trouvé à plusieurs endroits, plus particulièrement sur les murs et les planchers. *T. confusum* infeste la fève soja et la poussière et les débris dans 8 % des cas. On l'a trouvé à divers endroits avec la fréquence suivante: emplacements variés 27 %, enceintes d'équipement 22 %, cellules vides 13 %, murs et planchers 10 %.

Les *Attagenus* spp. s'observent surtout dans le blé (fréquence de 27 %). Ils se trouvent à différents endroits: murs et planchers 17 %, emplacements divers 10 %, cellules vides 6 % et enceintes d'équipement 5 %.

Nemapogon granella infeste le plus souvent la fève soja et, dans une moindre mesure, le blé et les poussières et les débris. Dans les silos-élévateurs cependant, il est surtout commun dans le blé (tableau 5). On l'a trouvé à plusieurs endroits: cellules vides 19 %, emplacements variés 8 %, enceintes d'équipement 6 %, murs et planchers 3 %. Dans les silos-élévateurs, ce papillon nocture se trouve plus ou moins uniformément dans tous les endroits.

On a détecté *Cryptolestes ferrugineus* dans plusieurs types de denrées: fève soja 24 %, blé 9 %, poussières et débris 6 %. Il était plus commun dans les cellules vides et les enceintes d'équipement que sur les murs et les planchers.

Tenebrio molitor se trouvait le plus communément dans les poussières et les débris ainsi que dans les cellules vides (tableau 6). Dans les silos-élévateurs, les poussières et les débris constituaient également le milieu le plus favorable pour cet insecte (tableau 5).

Oryzaephilus surinamensis infeste les poussières et les débris, mais on n'en a pas trouvé dans les denrées comme telles. On le voit dans les endroits suivants: enceintes d'équipement 12 %, murs et planchers 4 %.

On a trouvé *Plodia interpunctella* le plus souvent dans le blé, mais il infeste aussi les débris et les poussières. On le voit surtout dans les enceintes d'équipement et sur les murs et les planchers.

Tenebroides mauritanicus infeste le blé, les poussières et les débris partout dans les installations.

Tableau 6. Fréquence des infestations attribuées aux 10 insectes les plus répandus dans les usines à provendes au Canada (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'insecte ou d'acarien $n=94$*	Cas signalés dans les rapports (%)	Type de denrée			Endroit infesté			
			Blé $n=11$* (%)	Fève soya $n=25$* (%)	Poussière, débris $n=83$* (%)	Equipement, enceintes $n=81$* (%)	Murs, planchers $n=260$* (%)	Cellules vides $n=16$* (%)	Plusieurs endroits $n=52$* (%)
1	*Tribolium castaneum*	14	0	8	15	10	17	0	21
2	*Tribolium confusum*	13	0	8	8	22	10	13	27
3	*Attagenus* spp.	12	27	0	11	5	17	6	10
4	*Nemapogon granella*	6	9	20	6	6	3	19	8
5	*Cryptolestes ferrugineus*	6	9	24	6	5	2	6	2
6	*Tenebrio molitor*	6	0	4	6	6	5	13	4
7	*Oryzaephilus surinamensis*	5	0	0	2	12	4	0	4
8	*Plodia interpunctella*	4	18	0	6	4	3	0	0
9	*Tribolium* spp.	4	0	0	4	3	4	0	10
10	*Tenebroides mauritanicus*	3	9	0	6	4	2	6	0

* $n=$ Nombre de rapports. Nombre total 413; rapports signalant des infestations: 55%.

Infestations saisonnières en Colombie-Britannique

Les usines à provendes ne sont pas au nombre des installations d'entreposage inspectées en Colombie-Britannique. Pour les deux autres catégories, le nombre total de rapports d'inspection est inférieur à 50 (tableau 3). C'est pourquoi toute généralisation au sujet des taux d'infestation dans cette province doit être faite avec prudence. Les taux d'infestation pour les silos-élévateurs et les minoteries étaient de 95 % et 76 % respectivement (tableau 3).

Les silos-élévateurs étaient infestés à toutes les saisons de l'année. Dans les minoteries, on a signalé des infestations dans 86 à 88 % des cas en automne et en été, cette proportion baissant à 50 % au printemps. Dans les silos-élévateurs, on a trouvé 32 types d'arthropodes différents, tandis que dans les minoteries, on n'en a trouvé que huit. Les espèces étaient deux fois plus variées dans les élévateurs en été qu'en toute autre saison. Dans les minoteries, on n'a pas observé plus de cinq espèces quelle que soit la saison. Les infestations culminaient en été dans les silos-élévateurs, diminuant progressivement en automne, au printemps et en hiver. Par comparaison, les minoteries étaient moins infestées, quelle que soit la saison.

Infestations saisonnières dans les provinces des Prairies

Dans les provinces des Prairies, la plupart des rapports d'inspection proviennent de minoteries; on a en effet reçu 203 rapports pour ces installations, comparativement à 92 pour les usines à provendes, et 24 pour les silos-élévateurs terminaux (tableau 3). Notre échantillon comporte néanmoins toutes les catégories d'installations et toutes les saisons. Dans les minoteries et les usines à provendes, les infestations culminaient en été; dans plus de 46 % des rapports, on signale des infestations durant toute l'année (tableau 3).

Les silos-élévateurs étaient toutefois relativement peu infestés, le nombre de cas atteignant un maximum de 25 % au printemps pour baisser à zéro en hiver. Les arthropodes trouvés dans les minoteries et les usines à provendes étaient plus diversifiés que dans les silos-élévateurs. Voici, pour chacun des types d'installations, le nombre maximum d'espèces d'arthropodes dénombrés ainsi que la saison où cette constatation a été faite: minoteries, 13 au printemps; silos-élévateurs, 2 en automne; usines à provendes, 12 en automne (tableau 3).

Si l'on considère l'ensemble des arthropodes, les minoteries étaient surtout infestées en automne et au printemps, l'infestation diminuant progressivement en hiver et en été. Les usines à provendes étaient surtout infestées en automne, avec baisse graduelle au printemps, en été et en hiver. Les silos-élévateurs n'étaient pas infestés, sinon très peu, quelle que soit la saison.

Infestations saisonnières à Thunder Bay (Ontario)

Dans le présent rapport, la région de Thunder Bay a été considérée séparément parce qu'il s'y trouve un très grand nombre de silos-élévateurs

terminaux et que le climat y est plus rigoureux que dans le sud de l'Ontario où se trouvent de nombreuses autres installations d'entreposage. À Thunder Bay, on n'a inspecté que des silos-élévateurs; le nombre de rapports effectués par saison varie de 34 à 43 (tableau 3). Le taux d'infestation maximal a été enregistré en automne (72 %) et le taux minimal, en hiver (19 %). C'est aussi en automne que les arthropodes étaient le plus abondants et le plus diversifiés.

Infestations saisonnières en Ontario (Est)

Les rapports d'inspection de l'est et du sud de l'Ontario donnent une bonne représentation des quatre saisons de l'année et des trois catégories d'installations étudiées. Ce sont les minoteries qui ont donné lieu au plus grand nombre de rapports, puis les silos-élévateurs, puis les usines à provendes. Pas moins de 58 rapports ont été rédigés pour chacune des saisons (tableau 3). Pour l'année entière, on signale des infestations d'arthropodes dans 55-70 % des rapports. À l'exception des silos-élévateurs en hiver et au printemps, il y avait des infestations dans chaque type d'installation dans une proportion de 60 % ou plus, quelle que soit la saison. Dans les minoteries, les infestations atteignaient 76-78 % en été et en automne, et 64-65 % en hiver et au printemps. Dans les silos-élévateurs, les infestations culminaient à 79 % en automne pour baisser à 30 % en hiver. Enfin, dans les usines à provendes, l'infestation était maximale en automne (78 %), le taux minimal, mesuré au printemps, demeurant assez élevé (60 %). En hiver, le taux restait relativement élevé (70 %).

Les arthropodes infestant les installations d'entreposage en Ontario étaient plus diversifiés qu'ailleurs au pays; on a dénombré 40 à 49 espèces différentes (tableau 3). C'est dans les minoteries et les usines à provendes, qu'on a trouvé, en été, la plus grande diversité d'arthropodes, soit 36 à 37 espèces; quelle que soit la saison, on a trouvé pas moins de 22 espèces d'arthropodes dans ces installations. Dans les silos-élévateurs cependant, on a trouvé un maximum de 29 espèces, en automne, et un minimum de 15, en hiver. En Ontario, les infestations sont plus fréquentes dans les minoteries que dans les silos-élévateurs ou les usines à provendes. Beaucoup d'arthropodes étaient présents à longueur d'année sauf en hiver et au printemps dans les silos-élévateurs dans les lieux d'entreposage contigus. Les minoteries et les usines à provendes du sud de l'Ontario, région où la plupart des installations inspectées se trouvent, peuvent donc être infestées par des arthropodes nuisibles à longueur d'année. Les élévateurs à grain sont relativement moins vulnérables aux infestations en hiver et au printemps.

Infestations saisonnières au Québec

Parmi les installations inspectées au Québec, les silos-élévateurs et les minoteries étaient plus nombreux que les usines à provendes (tableau 3). Cependant, dans chacune des catégories d'installation, les inspections ont été réalisées à peu près également durant les quatre saisons de l'année. On

signale des infestations d'arthropodes dans les proportions suivantes: minoteries 72 %, élévateurs 45 %, usines à provendes 16 %. Le taux d'infestation des minoteries est demeuré inhabituellement élevé (66 à 76 %) durant toute l'année. En hiver, le taux d'infestation n'a pas baissé au-dessous de 71 %. Toutefois, dans le cas des silos-élévateurs les taux étaient beaucoup plus élevés en été et en automne (57-60 %) qu'en hiver et au printemps (25-30 %). Quant à elles, les usines à provendes présentent plus d'infestations au printemps et en été qu'en automne et en hiver.

Au Québec, les arthropodes qui infestent les installations d'entreposage sont très diversifiés. On a dénombré jusqu'à 47 espèces différentes dans les silos-élévateurs, 28 dans les minoteries et seulement 4 dans les usines à provendes (tableau 3). Les minoteries sont infestées par environ deux fois plus d'espèces en été et en automne (22 types différents) qu'en hiver et au printemps (11-12 types différents). Dans les silos-élévateurs, on a trouvé 37 espèces d'arthropodes différentes en automne, 32 en été, 20 au printemps et seulement 13 en hiver. Dans les usines à provendes, on n'a trouvé que deux espèces par saison, sauf au printemps où une seule espèce a été observée.

Sur 644 infestations dénombrées durant une année entière, c'est en automne qu'il y en a eu le plus, soit 323; on en a signalé 215 en été, 71 au printemps et seulement 35 en hiver. Dans les usines à provendes, on ne signale que quatre cas d'infestation en toute saison, sauf en hiver où l'on n'en mentionne que deux.

Infestations saisonnières dans les provinces Maritimes

Les rapports d'inspection concernant les silos-élévateurs à grains étaient plus nombreux que ceux portant sur les minoteries; nous n'en avions aucun sur les usines à provendes (tableau 3). Les inspections ont été effectuées de façon raisonnablement uniforme durant les quatre saisons de l'année. Tout au long de l'année, les silos-élévateurs à grains ont enregistré au moins deux fois plus d'infestations que les minoteries. Les infestations saisonnières dans les minoteries des Maritimes variaient considérablement au cours de l'année: 57 % en automne, 44 % en hiver, 23 % au printemps et seulement 14 % en été. En été et en automne, 96 % des silos à grains étaient infestés; cette proportion tombait à seulement 53-59 % en hiver et au printemps. On n'a dénombré que 6 types d'arthropodes différents dans les minoteries; dans les silos-élévateurs, on en a trouvé 24. Considérant l'ensemble des cas signalés, les minoteries étaient relativement peu infestées par comparaison aux silos-élévateurs; les arthropodes y étaient plus abondants en automne et en hiver qu'au printemps et en été. Dans les silos-élévateurs cependant, les infestations culminaient en été pour s'atténuer progressivement en automne, en hiver et au printemps.

Importance des grands ravageurs des minoteries des villes canadiennes

Armstrong (C.-B.)

On a trouvé six espèces d'insectes et d'acariens dans une minoterie. Le tribolium brun de la farine, *Tribolium confusum,* était le plus commun; on l'a signalé dans 57 % des rapports (tableau 7). Les infestations qui lui sont attribuables à Armstrong représentent 6 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. Les acariens comptent pour 4 % des ravageurs signalés à Armstrong, ce qui représente 13 % des cas relevés dans le pays.

Lethbridge (Alb.)

En général, six espèces d'insectes infestaient les minoteries de Lethbridge. Parmi ces espèces, *Tribolium confusum* est l'insecte le plus répandu; on le signale dans 38 % des rapports (tableau 7), ce qui représente 6 % des cas relevés au pays. On a également trouvé des tribolium rouge de la farine, *T. castaneum,* mais les cas relevés ne représentaient que 1 % de ceux qu'on a signalés dans l'ensemble du pays. Viennent ensuite les *Attagenus* spp. dont le nombre représente 6 % des cas relevés au Canada. *Trogoderma inclusum* est mentionné dans 9 % des rapports produits à Lethbridge, ce qui représente cependant 15 % des cas signalés dans l'ensemble du pays. Le lépisme argenté, *Lepisma saccharina,* est signalé dans 6 % des rapports, mais c'est le seul endroit au Canada où on en fait mention officiellement.

Medicine Hat (Alb.)

Les minoteries de Medicine Hat étaient infestées par six espèces d'insectes (tableau 7). On a trouvé plusieurs espèces de *Tribolium* dont *T. confusum* mentionné dans 40 % des rapports et qui était le plus répandu. *Trogoderma inclusum* est également commun; le nombre de cas signalés compte pour 8 % des infestations dans les villes et pour 10 % dans l'ensemble du pays. On a également signalé la présence d'*Ephestia kuehniella,* mais il était relativement rare.

Saskatoon (Sask.)

Sept espèces d'insectes infestaient habituellement les minoteries de Saskatoon (tableau 7). *Tribolium confusum* était le plus répandu; on le mentionne dans 71 % des rapports, ce qui représente 13 % des infestations au pays. *Trogoderma inclusum* vient en second lieu. Il n'est mentionné que dans 14 % des rapports de la ville, mais ce chiffre représente 30 % des infestations signalées dans le pays. Le ptine velu, *Ptinus villiger,* vient en troisième place.

Tableau 7. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les minoteries de 5 villes de l'Ouest du Canada exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981)

Type d'arthropode	Armstrong (C.-B.) $n=23$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Lethbridge (Alb.) $n=34$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Medicine Hat (Alb.) $n=25$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Saskatoon (Sask.) $n=42$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Winnipeg (Man.) $n=75$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropodes au Canada [ordre d'importance] (*n*)*
Tribolium castaneum	4	†	6	1	8	1	0	0	1	†	295
Tribolium confusum	57	6	38	6	40	4	71	13	81	26	233
Tribolium spp.	17	5	29	12	32	10	2	1	0	0	82
Attagenus spp.	4	2	12	6	4	2	0	0	5	6	65
Sitophilus granarius	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	51
Cryptolestes ferrugineus	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	34
Cryptolestes pusillus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	34
Tenebroides mauritanicus	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	32
Ptinus spp.	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	31
Ephestia kuehniella	0	0	0	0	4	4	0	0	1	4	26
Trogoderma inclusum	0	0	9	15	8	10	14	30	0	0	20
Sitophilus oryzae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	19
Dermestidés	0	0	0	0	0	0	2	6	1	6	16
Acariens	4	13	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Ptinus villiger	0	0	0	0	0	0	5	40	0	0	5
Anthrenus verbasci	0	0	0	0	0	0	0	0	1	25	4
Cathartus quadricollis	0	0	0	0	0	0	2	50	0	0	2
Lepisma saccharina	0	0	6	100	0	0	0	0	0	0	2

*n = Nombre de rapports. Nombre total de rapports au Canada: 1019.

† Inférieure à 1%.

C'est à Saskatoon qu'on a enregistré 40 % des cas d'infestation par cet insecte au pays. Enfin, parmi les espèces moins communes, on a trouvé des insectes de la famille des Dermestidés et du genre *Ptinus*.

Winnipeg (Man.)

Les minoteries de Winnipeg étaient habituellement infestées par 10 espèces d'insectes. *Tribolium confusum*, le plus répandu, est mentionné dans 81 % des rapports (tableau 7), ce qui représente 26 % des infestations dans l'ensemble du pays. Par comparaison, les neuf autres espèces recensées étaient moins communes, aucune d'entre elles ne comptant pour plus de 5 % des infestations totales signalées dans la ville. Il s'agit de *T. castaneum*, *Attagenus* spp. (considéré comme une espèce d'insecte), *Sitophilus granarius*, *S. oryzae*, *Cryptolestes pusillus*, *Tenebroides mauritanicus*, *Ephestia kuehniella*, *Anthrenus verbasci* et certains autres Dermestidés.

Chatham (Ont.)

Dix-huit espèces d'insectes infestent généralement les minoteries de Chatham (tableau 8). Ici comme ailleurs, *Tribolium confusum* est l'espèce la plus répandue; il est question de cet insecte dans 36 % des rapports, mais ce taux ne représente que 14 % des cas d'infestation recensés au pays. Les autres insectes communs dans les minoteries de Chatham sont, par ordre d'importance: *Ptinus* spp., *Attagenus* spp., *Trogoderma inclusum* et *Tenebroides mauritanicus*. Parmi les moins abondants, mentionnons *Sitophilus granarius*, *Tenebrio molitor*, *Anthrenus scrophulariae* et *Cynaeus angustus*.

Hanover (Ont.)

Habituellement, les minoteries de Hanover étaient infestées par neuf espèces d'insectes (tableau 8). Les *Tribolium* spp. étaient les plus communs de ce groupe; on les mentionne dans 44 % des rapports. *Tenebroides mauritanicus* vient en second. Il a causé 19 % des infestations signalées dans les villes, ce qui correspond aussi à 19 % du taux d'infestation pour l'ensemble du pays. Les autres insectes signalés étaient relativement peu communs; il s'agit, par ordre d'importance, de: *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius*, certains Dermestidés, *Attagenus* spp., *Ptinus* spp., *Oryzaephilus surinamensis* et *Ptinus villiger*. Le nombre d'infestations de *P. villiger* relevées à Hanover représente 20 % des cas recensés dans l'ensemble du pays.

Woodstock (Ont.)

Les minoteries de Woodstock étaient habituellement infestées par 10 espèces d'insectes (tableau 8). *Tribolium confusum* était le plus répandu: on le mentionne dans 32 % des rapports (tableau 8). Quatre autres arthropodes étaient aussi relativement communs: *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius*, *Cryptolestes pusillus* et un membre de la famille des Isopodes. Au nombre

des insectes les moins abondants, mentionnons par ordre d'importance: *Tribolium* spp., *Attagenus* spp., *Tribolium castaneum, Oryzaephilus surinamensis* et *Dermestes lardarius.*

Streetsville (Ont.)

On a trouvé 21 espèces d'insectes dans les minoteries de Streetsville (tableau 9).L'espèce la plus abondante, *Gibbium psylloides,* est mentionnée dans 23 % des rapports provenant de cette municipalité. Parmi les 40 cas signalés dans le pays, 98 % ont été relevés à Streetsville. *Tribolium confusum* vient en second lieu: on le signale dans 19 % des rapports. Les espèces relativement abondantes, mentionnées dans au moins 5 % des rapports, sont, par ordre d'importance: *Tribolium castaneum, Attagenus* spp., *Sitophilus granarius, Tenebrio molitor, Ptinus* spp., *Tribolium* spp. et *Cryptolestes ferrugineus.* Plusieurs autres espèces n'ont été signalées qu'occasionnellement; parmi les plus importants ravageurs de denrées entreposées appartenant à ce groupe, mentionnons: *Ephestia kuehniella, Typhaea stercorea, Mezium americanum, Oryzaephilus surinamensis, Nemapogon granella* et *Pyralis farinalis.* Les infestations de *Tenebrio molitor, Ptinus* spp., *Attagenus* spp., *Sitophilus granarius, Typhaea stercorea,* et *Cryptolestes ferrugineus* signalées à Streetsville représentent de 20 à 46 % des cas relevés dans le pays. Enfin, Streetsville est le seul endroit au Canada où l'on a trouvé *Mezium americanum* dans les minoteries.

Port Colborne (Ont.)

On a trouvé 26 espèces d'insectes et d'acariens dans les minoteries de Port Colborne (tableau 9). *Tribolium castaneum* était l'espèce la plus répandue. Cet insecte est mentionné dans 30 % des rapports, ce qui représente 17 % des cas relevés au pays. *Cryptolestes pusillus* vient en seconde place. Bien qu'on ne signale cet insecte que dans 12 % des rapports, ce taux représente 56 % des cas signalés dans le pays. Seulement deux autres types d'insectes, des *Attagenus* spp. et des Dermestidés, sont mentionnés dans plus de 5 % des rapports. Au nombre des espèces moins répandues, citons, par ordre d'importance: *Tribolium confusum, Tenebroides mauritanicus, Cryptolestes turcicus,* des acariens et des psocoptères, *Nemapogon granella, Dermestes lardarius, Tenebrio molitor, Cryptolestes ferrugineus, Plodia interpunctella* et *Haplotinea ditella.*

Enfin, sept des insectes trouvés dans les minoteries de Port Colborne n'ont été signalés dans aucune autre minoterie au Canada: il s'agit de *Cryptolestes turcicus,* certains Psocoptères, *Plodia interpunctella, Haplotinea ditella, Ptinus ocellus, Ptinus tectus* et *Tenebrio obscurus.* La faune entomologique des minoteries de Port Colborne est plus diversifiée que celle de la plupart des autres installations du même genre au Canada.

Tableau 8. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les minoteries de 3 villes de l'ouest ontarien exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981)

Type d'arthropode	Chatham $n=93$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Hanover $n=32$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Woodstock $n=38$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropodes au Canada [ordre d'importance] (n)*
Tribolium castaneum	1	†	0	0	3	†	295
Tribolium confusum	36	14	0	0	32	5	233
Tribolium spp.	1	1	44	17	5	2	82
Attagenus spp.	14	20	3	2	5	3	65
Sitophilus granarius	2	4	6	4	13	10	51
Gibbium psylloides	1	3	0	0	0	0	40
Tenebrio molitor	2	5	9	8	16	15	40
Cryptolestes ferrugineus	1	3	0	0	0	0	34
Cryptolestes pusillus	1	3	0	0	8	9	34
Tenebroides mauritanicus	5	16	19	19	0	0	32
Ptinus spp.	19	58	3	3	0	0	31
Trogoderma inclusum	8	35	0	0	0	0	20
Oryzaephilus surinamensis	1	6	3	5	3	6	18
Dermestidés	0	0	6	13	0	0	16
Acariens	1	13	0	0	0	0	8
Trogoderma spp.	1	13	0	0	0	0	8
Dermestes lardarius	0	0	0	0	3	17	6
Ptinus villiger	1	20	3	20	0	0	5
Anthrenus scrophulariae	2	67	0	0	0	0	3
Cynaeus angustus	2	67	0	0	0	0	3
Isopode	0	0	0	0	8	100	3

* n= Nombre de rapports. Nombre total de rapports au Canada: 1019.
† Inférieure à 1%.

Tableau 9. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les minoteries de 3 villes du sud et de l'ouest ontarien exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981)

Type d'arthropode	Streetsville $n=171$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Port Colborne $n=164$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Woodbridge $n=51$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropodes au Canada [ordre d'importance] (*n*)*
Tribolium castaneum	8	5	30	17	2	†	295
Tribolium confusum	19	14	4	3	0	0	233
Tribolium spp.	5	11	0	0	0	0	82
Attagenus spp.	8	22	6	14	2	2	65
Sitophilus granarius	6	20	1	4	8	8	51
Gibbium psylloides	23	98	0	0	0	0	40
Tenebrio molitor	6	25	2	10	0	0	40
Cryptolestes ferrugineus	5	24	2	9	18	27	34
Cryptolestes pusillus	†	3	12	56	0	0	34
Tenebroides mauritanicus	†	3	4	22	2	3	32
Ptinus spp.	6	32	†	3	0	0	31
Ephestia kuehniella	2	15	0	0	31	62	26
Sitophilus oryzae	0	0	0	0	2	5	19
Oryzaephilus surinamensis	1	11	0	0	16	44	18
Dermestidés	†	6	6	63	2	6	16
Typhaea stercorea	3	46	0	0	4	18	11
Nemapogon granella	1	20	3	50	2	10	10
Acariens	0	0	4	75	0	0	8
Ahasverus advena	0	0	0	0	6	43	7
Cryptolestes turcicus	0	0	4	100	0	0	7
Pyralis farinalis	1	29	†	14	2	14	7
Cryptolestes spp.	0	0	1	33	0	0	6
Dermestes lardarius	0	0	3	83	0	0	6
Psocoptères	0	0	4	100	0	0	6
Ptinus villiger	0	0	†	20	0	0	5

Tableau 9. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les minoteries de 3 villes du sud et de l'ouest ontarien exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981) *(fin)*

Type d'arthropode	Streetsville $n = 171$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Port Colborne $n = 164$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Woodbridge $n = 51$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropodes au Canada [ordre d'importance] (n)*
Anthrenus verbasci	†	25	1	50	0	0	4
Plodia interpunctella	0	0	2	100	0	0	4
Anthicus floralis	†	33	0	0	0	0	3
Cynaeus angustus	0	0	†	33	4	67	3
Haplotinea ditella	0	0	2	100	0	0	3
Mezium americanum	2	100	0	0	0	0	3
Diptères	†	50	†	50	0	0	2
Ptinus ocellus	0	0	1	100	0	0	2
Ptinus tectus	0	0	1	100	0	0	2
Tenebrio obscurus	0	0	1	100	0	0	2

* n = Nombre de rapports. Nombre total de rapports au Canada: 1019.
† Inférieure à 1%.

Woodbridge (Ont.)

On a trouvé 14 espèces d'insectes dans les minoteries de Woodbridge (tableau 9). *Ephestia kuehniella,* mentionné dans 31 % des rapports, était l'espèce la plus répandue. Le nombre d'infestations signalées pour cette espèce à Woodbridge représente 62 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. *Cryptolestes ferrugineus* et *Oryzaephilus surinamensis* étaient les seules autres espèces communes dans les minoteries; on les mentionne dans 18 % et 16 % des rapports, respectivement; les infestations d'*O. surinamensis* représentent 44 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. Seulement deux autres espèces, *Sitophilus granarius* et *Ahasverus advena,* ont été signalées dans plus de 5 % des rapports provenant de Woodbridge. Au nombre des insectes moins communs, mentionnons, par ordre d'importance: *Typhaea stercorea, Cynaeus angustus, Tribolium castaneum, Attagenus* spp., *Tenebroides mauritanicus, Sitophilus oryzae,* certains Dermestidés, *Nemapogon granella* et *Pyralis farinalis.* Les infestations de *Cynaeus angustus* et d'*Ahasverus advena* représentent respectivement 67 % et 43 % des cas signalés dans le pays.

Montréal (Qc)

On a dénombré 22 espèces d'insectes dans les minoteries de Montréal (tableau 10). *Tribolium castaneum* était l'espèce la plus commune; on en fait mention dans 59 % des rapports provenant de cette ville. Les trois quarts de toutes les infestations par *T. castaneum* signalées dans les minoteries pour l'ensemble du pays ont été relevées à Montréal. *Sitophilus granarius* vient en second; on le mentionne dans 7 % des rapports, mais près de la moitié des infestations signalées au Canada ont été relevées à Montréal. Parmi les espèces moins communes, mentionnons, par ordre d'importance: *Attagenus* spp., *Tenebrio molitor, Sitophilus oryzae, Tribolium confusum, Cryptolestes ferrugineus, C. pusillus, Tenebroides mauritanicus, Trogoderma* spp. et *Typhaea stercorea.* Seule une espèce, *Ptinus hirtellus,* s'est révélée exclusive aux minoteries de Montréal. Les rapports font également état d'espèces relativement peu communes dont *Trogoderma inclusum, Alphitobius diaperinus* et *Cathartus quadricollis.*

Halifax (N.-É.)

On n'a trouvé que six espèces d'insectes dans les minoteries d'Halifax (tableau 10). Les *Tribolium* spp. étaient les plus communes; on les mentionne dans 59 % des rapports, ce qui représente 20 % des cas signalés dans l'ensemble du pays. *Tribolium destructor* vient en second lieu; son taux d'infestation de 19 % dans les villes représente la totalité des cas relevés au pays. *Tribolium castaneum,* mentionné dans 11 % des rapports, est en troisième place. Parmi les insectes moins communs, mentionnons, par ordre d'importance: *Tenebroides mauritanicus, Cryptolestes* spp. et *Alphitobius diaperinus.*

Tableau 10. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les minoteries de 2 villes de l'Est du Canada exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981)

Type d'arthropode	Montréal, (Qc) $n=374$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Halifax, (N.-É.) $n=27$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropodes au Canada [ordre d'importance] (n)*
Tribolium castaneum	59	75	11	1	295
Tribolium confusum	2	3	0	0	233
Tribolium spp.	1	6	59	20	82
Attagenus spp.	4	20	0	0	65
Sitophilus granarius	7	49	0	0	51
Tenebrio molitor	4	33	0	0	40
Cryptolestes ferrugineus	2	27	0	0	34
Cryptolestes pusillus	2	27	0	0	34
Tenebroides mauritanicus	2	28	4	3	32
Ephestia kuehniella	1	15	0	0	26
Trogoderma inclusum	†	5	0	0	20
Sitophilus oryzae	4	84	0	0	19
Oryzaephilus surinamensis	1	28	0	0	18
Typhaea stercorea	1	36	0	0	11
Nemapogon granella	†	10	0	0	10
Trogoderma spp.	2	88	0	0	8
Ahasverus advena	1	57	0	0	7
Pyralis farinalis	†	43	0	0	7
Cryptolestes spp.	†	50	4	17	6
Alphitobius diaperinus	1	80	4	20	5
Tribolium destructor	0	0	19	100	5
Ptinus hirtellus (=P. clavipes)	†	100	0	0	3
Cathartus quadricollis	†	50	0	0	2

* n= Nombre de rapports. Nombre total de rapports au Canada: 1019.
† Inférieure à 1%.

Importance des arthropodes grands ravageurs des silos à grains

Vancouver (C.-B.)

Dans les silos à grains terminaux de Vancouver, on a trouvé 22 espèces d'insectes et d'acariens (tableau 11). *Hofmannophila pseudospretella* était l'espèce la plus répandue; on le mentionne dans 17 % des rapports, ce qui représente 58 % des cas signalés dans l'ensemble du pays. *Endrosis sarcitrella* venait en second; on en fait mention dans 11 % des rapports de Vancouver, ce qui compte pour 83 % des cas relevés dans le pays. *Tenebrio molitor* était le Coléoptère le plus commun; on le signale dans 9 % des rapports. Les autres arthropodes qu'on a trouvés, divers types d'insectes et d'acariens, étaient relativement moins communs. Parmi ceux-ci, mentionnons, par ordre d'importance: des acariens, *Ptinus* spp., des Lépidoptères, des Staphylinidés, *Cryptolestes ferrugineus, Sitophilus granarius, Tinea pallescentella, Cryptophagus cellaris,* des Psocoptères, *Pyralis farinalis, Tribolium castaneum* et *Tribolium confusum*.

Saint-Jean (N.-B.)

Les silos-élévateurs à grains de Saint-Jean étaient infestés par 21 arthropodes différents (tableau 11). De ce groupe, deux insectes étaient beaucoup plus répandus que les autres *Nemapogon granella,* le plus abondant, a été mentionné dans 30 % des rapports, ce qui représente 13 % des cas signalés dans le pays. *Tenebrio molitor* était en deuxième place; on l'a signalé dans 23 % des rapports, ce qui ne représente cependant que 8 % des cas relevés au pays. On a mentionné des acariens et *Dermestes lardarius* dans 5-6 % des rapports, ce qui correspond respectivement à 8 % et 57 % des cas relevés au pays. Les autres arthropodes observés sont encore moins communs (signalés dans 1-4 % des rapports); il s'agit notamment des *Cryptolestes ferrugineus, Tineola bisselliella, Cryptophagus* spp., *Ptinus villiger, P. ocellus, Tinea pellionella, Niptus hololeucus, Attagenus* spp., *Sitophilus granarius, Pyralis farinalis, Tribolium castaneum,* des Psocoptères, *Alphitobius diaperinus* et *Tenebrio obscurus*. Les infestations de *N. hololeucus* observées à Saint-Jean représentent 100 % des cas relevés au pays. Cette proportion est de 75 % pour *Tineola bisselliella,* de 67 % pour *Tinea pellionella,* de 33 % pour *Ptinus ocellus* et de 25 % pour *Tenebrio obscurus*.

Halifax (N.-É.)

Les silos-élévateurs à grains de Halifax étaient infestés par 11 espèces d'arthropodes (tableau 11). De ce groupe, quatre espèces étaient plus répandues que les autres. *Nemapogon granella* était la plus abondante; on l'a mentionnée dans 42 % des rapports, ce qui représente 20 % des cas relevés dans le pays. Les acariens occupaient la deuxième place; on les a signalés dans 24 % des rapports, ce qui compte pour le tiers des cas observés au pays.

Tableau 11. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les élévateurs à grain de 3 villes portuaires au Canada exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981)

Type d'arthropode	Vancouver (C.-B.) $n = 89$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	St-Jean N.-B. $n = 79$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Halifax (N.-É.) $n = 88$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropodes au Canada [ordre d'importance] (n)*
Tenebrio molitor	9	4	23	8	11	5	223
Nemapogon granella	0	0	30	13	42	20	186
Attagenus spp.	2	2	1	†	0	0	126
Cryptolestes ferrugineus	3	3	4	3	3	3	97
Acariens	6	8	6	8	24	32	66
Sitophilus granarius	3	5	1	2	0	0	61
Pyralis farinalis	2	5	1	3	1	3	37
Tinea pallescentella	3	10	0	0	0	0	31
Plodia interpunctella	1	4	0	0	0	0	27
Hofmannophila pseudospretella	17	58	0	0	11	39	26
Lepidoptera spp.	6	21	3	8	0	0	24
Cryptolestes spp.	2	10	0	0	0	0	20
Ptinus spp.	6	31	1	6	1	6	16
Cryptophagus cellaris	3	20	0	0	0	0	15
Cryptophagus spp.	2	17	3	17	0	0	12
Endrosis sarcitrella	11	83	0	0	0	0	12
Psocoptères	3	27	1	9	1	9	11
Ptinus villiger	0	0	3	18	1	9	11
Tribolium castaneum	2	20	1	10	0	0	10
Ahasverus advena	0	0	0	0	2	22	9
Alphitobius diaperinus	0	0	1	13	0	0	8
Dermestes lardarius	0	0	5	57	1	14	7

Tribolium confusum	2	29	0	0	0	0	7
Ptinus ocellus	0	0	3	33	0	0	6
Diptères	0	0	1	20	0	0	5
Staphylinidae spp.	5	80	0	0	0	0	5
Tenebrio obscurus	0	0	1	25	0	0	4
Tineola bisselliella	1	25	4	75	0	0	4
Niptus unicolor	2	50	0	0	0	0	4
Tinea pellionella	0	0	3	67	0	0	3
Niptus hololeucus	0	0	3	100	0	0	2
Oryzaephilus mercator	1	50	0	0	0	0	2

* *n*= Nombre de rapports. Nombre total de rapports au Canada: 1095.
† Inférieure à 1%.

Tenebrio molitor et *Hofmannophila pseudospretella,* qui se plaçaient tous deux au troisième rang, ont été signalés dans 11 % des rapports. Pour la première de ces deux espèces, cette valeur ne représente que 5 % des infestations signalées au pays. Pour la seconde, cependant, la proportion est de 39 %, ce qui montre clairement qu'elle est très bien adaptée aux conditions qui règnent dans les villes côtières comme Halifax et Vancouver. Parmi les arthropodes moins communément observés (signalés dans 1-3 % des rapports) mentionnons: *Cryptolestes ferrugineus, Ahasverus advena, Pyralis farinalis, Ptinus* spp., des Psocoptères, *Ptinus villiger* et *Dermestes lardarius.* Les infestations par *A. advena* observées à Halifax représentent 22 % des cas signalés au pays.

Thunder Bay (Ont.)

Dans les silos à grains terminaux de Thunder Bay, on a trouvé 19 espèces d'insectes et d'acariens (tableau 12). De ce nombre, 7 arthropodes étaient relativement répandus. La fausse-teigne des grains, *Nemapogon granella,* était l'espèce la plus commune; on en fait mention dans 24 % des rapports, mais les infestations signalées à Thunder Bay ne représentent que 12 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. *Tenebrio molitor,* certains acariens et *Cryptolestes ferrugineus,* mentionnés respectivement dans 13 %, 12 % et 10 % des rapports, venaient en deuxième, troisième et quatrième place respectivement. Les infestations d'acariens à Thunder Bay représentent 18 % des cas relevés dans le pays. Parmi les insectes moins communs mentionnons, par ordre d'importance: *Cryptophagus* spp., *Attagenus* spp., *Lathridius* spp., *Cryptolestes pusillus, Tinea pallescentella, Plodia interpunctella, Typhaea stercorea, Ahasverus advena, Haplotinea ditella, Oryzaephilus surinamensis* et *Ptinus ocellus.* Les infestations de *Cryptophagus* spp. représentent 58 % des cas relevés dans le pays.

Goderich (Ont.)

Dans les silos à grains de Goderich, on a dénombré 10 arthropodes différents (tableau 12). De ce nombre, *Tenebrio molitor, Plodia interpunctella* et certains acariens étaient les plus communs; on les mentionne dans 18 % des rapports provenant de Goderich. Les infestations de *P. interpunctella* représentent 11 % des cas relevés dans l'ensemble du pays; les infestations d'acariens représentent 5 %, tandis que pour *T. molitor,* la proportion n'est que de 1 %. *Sitophilus granarius,* mentionné dans 12 % des rapports, était l'insecte le plus répandu. Au nombre des espèces moins communes mentionnons: *Nemapogon granella, Attagenus* spp., *Cryptolestes pusillus, Sitophilus oryzae, Tenebroides mauritanicus* et certains Psocoptères. Comme on n'a reçu que 17 rapports de Goderich, ces données ne sont pas nécessairement représentatives de la réalité.

Owen Sound (Ont.)

Les silos-élévateurs à grains d'Owen Sound étaient infestés par huit espèces d'insectes (tableau 12). De ce nombre, trois espèces sont plus répandues que les autres. *Nemapogon granella* est l'espèce la plus commune: on en fait état dans 33 % des rapports, ce qui ne représente cependant que 3 % des cas relevés dans le pays. *Tenebrio molitor* et *Cryptolestes ferrugineus,* qui viennent respectivement en deuxième et troisième place, sont mentionnés dans 20 % et 13 % des rapports.

Parmi les insectes moins communs, mentionnons *Plodia interpunctella, Ephestia kuehniella, Ptinus villiger, Tribolium castaneum* et *Ahasverus advena*. Toute généralisation des conclusions de cette analyse doit tenir compte du fait qu'on a reçu seulement 15 rapports d'Owen Sound.

Midland (Ont.)

On a trouvé 17 espèces d'insectes dans les silos-élévateurs à grains de Midland (tableau 12). *Tenebrio molitor* et *Nemapogon granella,* tous deux mentionnés dans 20 % des rapports, sont les espèces les plus répandues. *Cryptolestes ferrugineus* suit de près; le nombre d'infestations qu'on lui attribue représente 10 % des cas relevés au Canada. Parmi les insectes moins communs, mentionnons, par ordre d'importance: *Cryptophagus cellaris, Attagenus* spp., *Tenebroides mauritanicus, Pyralis farinalis, Tinea pallescentella* et *Lathridius* spp. Citons enfin quelques espèces relativement rares qui ne sont mentionnées que dans 2 % des rapports: *Cryptolestes pusillus, Ephestia kuehniella* et *Ptinus* spp.

Toronto (Ont.)

Dans les silos-élévateurs à grains de Toronto, on a trouvé 25 espèces d'insectes et d'acariens (tableau 13). *Tenebrio molitor,* mentionné dans 15 % des rapports, est l'espèce la plus commune. *Cryptolestes ferrugineus* a été signalé dans 14 % des rapports, ce qui représente 12 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. Enfin, on a signalé des *Attagenus* spp. dans 10 % des rapports reçus. Parmi les arthropodes moins communs (4-6 %), mentionnons, par ordre d'importance: *Ptinus villiger, Nemapogon granella, Sitophilus granarius, Pselaphochernes parvus* (un pseudoscorpion), *Pyralis farinalis, Plodia interpunctella* et *Oryzaephilus surinamensis.* Certains arthropodes, dont on ne fait mention que dans 1-2 % des rapports, étaient relativement rares: acariens, *Tenebroides mauritanicus, Ahasversus advena, Tribolium confusum, Tinea pallescentella, Typhaea stercorea, Ptinus ocellus* et *P. fur.* Certains pseudoscorpions étaient presque exclusifs aux élévateurs de Toronto.

Tableau 12. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les élévateurs à grain de 4 villes du nord et de l'ouest ontarien exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981)

Type d'arthropode	Thunder Bay $n=98$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Goderich $n=17$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Owen Sound $n=15$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Midland $n=59$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropodes au Canada [ordre d'importance] (n)*
Tenebrio molitor	13	6	18	1	20	1	20	5	223
Nemapogon granella	24	12	6	†	33	3	20	7	186
Attagenus spp.	5	4	6	†	0	0	5	2	126
Cryptolestes ferrugineus	10	10	0	0	13	2	17	10	97
Acariens	12	18	18	5	0	0	0	0	66
Sitophilus granarius	0	0	12	3	0	0	0	0	61
Cryptolestes pusillus	1	2	6	2	0	0	2	2	43
Pyralis farinalis	0	0	0	0	0	0	5	8	37
Sitophilus oryzae	0	0	6	3	0	0	0	0	37
Tenebroides mauritanicus	0	0	6	3	0	0	5	8	36
Tinea pallescentella	1	3	0	0	0	0	3	7	31
Plodia interpunctella	1	4	18	11	7	4	0	0	27
Lépidoptères	9	38	0	0	0	0	2	4	24
Ephestia kuehniella	0	0	0	0	7	5	2	5	21
Ptinus spp.	1	6	0	0	0	0	2	6	16
Cryptophagus cellaris	7	47	0	0	0	0	7	27	15
Typhaea stercorea	1	7	0	0	0	0	2	7	15
Cryptophagus spp.	7	58	0	0	0	0	0	0	12
Psocoptères	0	0	6	9	0	0	0	0	11
Ptinus villiger	0	0	0	0	7	9	0	0	11
Tribolium castaneum	0	0	0	0	7	10	2	10	10
Ahasverus advena	1	11	0	0	7	11	0	0	9

Haplotinea ditella	1	11	0	0	0	0	2	11	9
Lathridius spp.	2	33	0	0	0	0	3	33	6
Oryzaephilus surinamensis	1	17	0	0	0	0	0	0	6
Ptinus ocellus	1	17	0	0	0	0	0	0	6
Diptères	1	20	0	0	0	0	2	20	5

* n = Nombre de rapports. Nombre total de rapports au Canada: 1095.
† Inférieure à 1%.

Port Colborne (Ont.)

On a trouvé 12 espèces d'insectes et d'acariens dans les silos à grains de Port Colborne (tableau 13); cependant, comme on n'a reçu que 21 rapports de cette ville, il se pourrait que les espèces d'arthropodes qui infestent les silos-élévateurs soient en réalité plus nombreuses. *Tenebrio molitor* était l'espèce la plus répandue; on la mentionne dans 22 % des rapports, mais cette valeur ne représente que 2 % des infestations signalées au Canada. *Nemapogon granella* et *Attagenus* spp., signalés respectivement dans 17 % et 13 % des rapports, viennent en deuxième et troisième place. On signale des acariens et certains papillons nocturnes non identifiés dans 9 % des rapports. Parmi les autres insectes moins communément observés dans les silos-élévateurs de Port Colborne, mentionnons *Cryptolestes ferrugineus, C. turcicus, Tenebroides mauritanicus, Plodia interpunctella, Lathridius* spp., *Tenebrio obscurus* et *Ptinus tectus.*

Renfrew (Ont.)

Les silos à grains de Renfrew étaient infestés par 10 espèces d'arthropodes (tableau 13). De ce nombre, quatre espèces étaient plus communes que la plupart des autres. Les *Attagenus* spp., insectes les plus répandus de ce groupe, étaient mentionnés dans 38 % des rapports. Ce taux ne représente cependant que 6 % des cas relevés dans l'ensemble du pays, ce qui est probablement dû au petit nombre de rapports (21) que nous avons reçus de Renfrew. *Tenebroides mauritanicus* vient en seconde place (14 %); *Tribolium castaneum* et *Tribolium* spp., tous deux mentionnés dans 10 % des rapports, arrivent en troisième place. Parmi les insectes moins souvent observés, mentionnons *Cryptolestes ferrugineus, C. pusillus,* des acariens, *Sitophilus granarius, Cryptophagus* spp. et *Tribolium confusum.*

Kingston (Ont.)

Les silos à grains de Kingston étaient infestés par 13 types d'arthropodes (tableau 13). De ce nombre, seulement deux espèces étaient dominantes. *Tenebrio molitor,* mentionné dans 24 % des rapports, était l'espèce la plus commune, mais le nombre de cas signalés ne représente que 4 % des infestations relevées dans l'ensemble du pays. *Nemapogon granella* venait en second lieu; on a signalé cette espèce dans 19 % des rapports. Au nombre des arthropodes moins communs, mentionnons par ordre d'importance: *Attagenus* spp., *Plodia interpunctella,* des acariens, des papillons nocturnes non identifiés, *Ephestia kuehniella,* des Psocoptères, *Niptus unicolor, Pyralis farinalis, Ptinus* spp., *Tribolium castaneum* et *Pselaphochernes* spp. (pseudoscorpion).

Prescott (Ont.)

Nous n'avons analysé que 18 rapports en provenance de Prescott; d'après les résultats, les silos à grains de cette localité étaient infestés par 10 types d'arthropodes. De ces espèces, *Nemapogon granella* était la plus commune; on l'a signalée dans 28 % des rapports (tableau 13), ce qui ne représente que 3 % du nombre de cas signalés dans l'ensemble du pays. Les acariens venaient en deuxième lieu; on les a mentionnés dans 17 % des rapports. *Attagenus* spp. et *Cryptolestes ferrugineus,* signalés chacun dans 11 % des rapports, occupaient la troisième place. Parmi les arthropodes moins communément observés dans les élévateurs de Prescott, mentionnons *Tenebrio molitor, Cryptolestes pusillus, Plodia interpunctella, Ptinus* spp., des Psocoptères et *Tribolium castaneum.* Étant donné que nous ne disposions que d'un petit nombre de rapports, la variété et la fréquence d'infestation des ravageurs mentionnés dans ces rapports ne sont peut-être pas représentatifs de la réalité.

Montréal (Qc)

Les silos à grains de Montréal étaient infestés par 34 types d'arthropodes (tableau 14). De ce groupe, *Tenebrio molitor* était l'insecte le plus commun; on l'a mentionné dans 23 % des rapports, ce qui ne représente cependant que 11 % des cas d'infestation relevés dans l'ensemble du pays. *Attagenus* spp., mentionné dans 17 % des rapports, *Nemapogon granella,* signalé dans 11 % des rapports, se plaçaient respectivement aux deuxième et troisième rangs. Le nombre de cas où l'on a signalé des *Attagenus* spp. dans les silos-élévateurs de Montréal représente 45 % des infestations attribuées à ce groupe de dermestidés dans l'ensemble du pays. Les insectes moins communément observés étaient, par ordre d'importance: *Sitophilus granarius, Cryptolestes pusillus, C. ferrugineus, S. oryzae* et *Pyralis farinalis.* Les infestations par *C. pusillus, S. oryzae* et *S. granarius* représentent respectivement 58 %, 51 % et 41 % des cas signalés dans l'ensemble du pays. Parmi les insectes encore moins communs dans les silos de Montréal, mentionnons *Tinea pallescentella, Tenebroides mauritanicus, Plodia interpunctella, Typhaea stercorea, Cryptolestes turcicus, Lasioderma serricorne, Haplotinea ditella* et *Ahasverus advena.*

Trois-Rivières (Qc)

Les silos à grains de Trois-Rivières étaient infestés par 23 types d'arthropodes (tableau 14). De ce groupe, *Tenebrio molitor* était l'insecte le plus communément observé; on l'a signalé dans 22 % des rapports ce qui représente 9 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. Venaient ensuite *Nemapogon granella, Tenebroides mauritanicus, Attagenus* spp. et *Cryptolestes ferrugineus* qu'on a mentionnés respectivement dans 11 %, 8 %, 8 % et 7 % des rapports. Les infestations attribuées à *T. mauritanicus* représentent une forte proportion des cas relevés dans l'ensemble du pays, soit 22 %. *Cryptolestes ferrugineus* et *C. pusillus,* tous deux mentionnés dans

Tableau 13. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les silos à grains de 5 villes du sud et de l'ouest ontarien exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981)

Type d'arthropode	Toronto $n = 84$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Port Colborne $n = 21$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Renfrew $n = 21$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Kingston $n = 37$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Prescott $n = 18$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropode au Canada [ordre d'importance] (n)*
Tenebrio molitor	15	6	22	2	0	0	24	4	6	†	223
Nemapogon granella	6	3	17	2	0	0	19	4	28	3	186
Attagenus spp.	10	6	13	2	38	6	8	2	11	2	126
Cryptolestes ferrugineus	14	12	4	1	5	1	0	0	11	2	97
Acariens	2	3	9	3	5	2	5	3	17	5	66
Sitophilus granarius	6	8	0	0	5	2	0	0	0	0	61
Cryptolestes pusillus	0	0	0	0	5	2	0	0	6	2	43
Pyralis farinalis	5	11	0	0	0	0	3	3	0	0	37
Tenebroides mauritanicus	2	6	4	3	14	8	0	0	0	0	36
Tinea pallescentella	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Plodia interpunctella	4	11	4	4	0	0	8	11	6	4	27
Lépidoptères	0	0	9	8	0	0	5	8	0	0	24
Ephestia kuehniella	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0	21
Ptinus spp.	1	6	0	0	0	0	3	6	6	6	16
Cryptophagus cellaris	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Typhaea stercorea	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Cryptophagus spp.	0	0	0	0	5	8	0	0	0	0	12
Psocoptères	1	9	0	0	0	0	5	18	6	9	11
Ptinus villiger	7	55	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Tribolium castaneum	1	10	0	0	10	20	3	10	6	10	10
Ahasverus advena	2	22	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Tribolium spp.	1	13	0	0	10	25	0	0	0	0	8
Tribolium confusum	2	29	0	0	5	14	0	0	0	0	7

Cryptolestes turcicus	0	0	4	17	0	0	0	0	0	0	6
Lathridius spp.	0	0	4	17	0	0	0	0	0	0	6
Oryzaephilus surinamensis	4	50	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Ptinus ocellus	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Pselaphochernes parvus	6	100	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Tenebrio obscurus	0	0	4	25	0	0	0	0	0	0	4
Niptus unicolor	0	0	0	0	0	0	5	50	0	0	4
Larca granulata	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Pselaphochernes spp.	1	50	0	0	0	0	3	50	0	0	2
Ptinus fur	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Ptinus tectus	0	0	4	50	0	0	0	0	0	0	2

* *n* = Nombre de rapports. Nombre total de rapports au Canada: 1095.
† Inférieure à 1%.

Tableau 14. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les silos à grains de 4 villes québécoises exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981)

Type d'arthropode	Montréal $n = 335$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Trois-Rivières $n = 97$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Sorel $n = 103$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Québec $n = 100$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropodes au Canada [ordre d'importance] (*n*)*
Tenebrio molitor	23	11	22	9	27	13	21	9	223
Nemapogon granella	11	20	11	6	10	5	3	2	186
Attagenus spp.	17	45	8	6	15	12	9	7	126
Cryptolestes ferrugineus	7	23	7	7	9	9	5	5	97
Acariens	1	6	2	3	0	0	1	2	66
Sitophilus granarius	8	41	6	10	4	7	12	20	61
Cryptolestes pusillus	8	58	7	16	3	7	0	0	43
Pyralis farinalis	5	41	1	3	3	8	6	16	37
Sitophilus oryzae	6	51	5	14	5	14	6	16	37
Tenebroides mauritanicus	3	25	8	22	1	3	6	17	36
Tinea pallescentella	4	42	4	13	7	23	0	0	31
Plodia interpunctella	2	30	2	7	3	11	0	0	27
Lépidoptères	0	0	1	4	0	0	0	0	24
Ephestia kuehniella	†	10	0	0	0	0	11	52	21
Cryptolestes spp.	1	20	2	10	5	25	7	35	20
Ptinus spp.	†	6	1	6	1	6	0	0	16
Typhaea stercorea	2	47	3	20	2	13	0	0	15
Psocoptères	†	9	0	0	0	0	0	0	11
Ahasverus advena	†	11	0	0	0	0	1	11	9
Haplotinea ditella	†	33	2	22	2	22	0	0	9
Alphitobius diaperinus	0	0	1	13	2	25	4	50	8
Tribolium spp.	†	13	0	0	0	0	3	38	8
Dermestes lardarius	†	14	0	0	0	0	0	0	7
Tribolium confusum	0	0	0	0	0	0	1	14	7

Cryptolestes turcicus	1	67	0	0	0	0	1	17	6
Lathridius spp.	†	17	0	0	0	0	0	0	6
Oryzaephilus surinamensis	†	33	0	0	0	0	0	0	6
Ptinus ocellus	0	0	0	0	0	0	2	33	6
Diptères	†	20	0	0	0	0	0	0	5
Ephestia cautella	†	40	0	0	1	20	1	20	5
Lasioderma serricorne	1	80	1	20	0	0	0	0	5
Staphylinidés	†	20	0	0	0	0	0	0	5
Tenebrio obscurus	†	25	1	25	0	0	0	0	4
Micrograme filum	†	67	1	33	0	0	0	0	3
Tinea pellionella	†	33	0	0	0	0	0	0	3
Oryzaephilus mercator	†	50	0	0	0	0	0	0	2
Ptinus fur	0	0	1	50	0	0	0	0	2
Ptinus hirtellus (= P. clavipes)	0	0	1	50	1	50	0	0	2
Ptinus tectus	†	50	0	0	0	0	0	0	2
Trogoderma spp.	†	100	0	0	0	0	0	0	2

* *n* = Nombre de rapports. Nombre total de rapports au Canada: 1095.
† Inférieure à 1%.

7 % des rapports, arrivaient en quatrième place. Les infestations attribuées à *C. pusillus* représentaient 16 % des cas relevés dans l'ensemble du pays, cette proportion n'étant que de 7 % dans le cas de *C. ferrugineus.*

Sitophilus oryzae et *S. granarius,* signalés dans 5-6 % des rapports, étaient relativement répandus. Au nombre des arthropodes moins communs, citons, par ordre d'importance: *Tinea pallescentella, Plodia interpunctella,* des acariens, *Haplotinea ditella, Ptinus* spp., *Pyralis farinalis, Alphitobius diaperinus, Lasioderma serricorne, Tenebrio obscurus, Microgramme filum* et *Ptinus hirtellus.* Les infestations attribuées à plusieurs de ces espèces représentent 33-50 % des cas relevés dans l'ensemble du pays.

Sorel (Qc)

Les silos à grains de Sorel étaient infestés par 18 espèces d'insectes (tableau 14). De ce groupe, *Tenebrio molitor* est l'insecte le plus commun; on l'a signalé dans 27 % des rapports ce qui représente 13 % des cas relevés au pays. Comme dans plusieurs autres villes du Québec, les *Attagenus* spp. et *Nemapogon granella,* mentionnés respectivement dans 15 % et 10 % des rapports, venaient en deuxième et troisième places. Parmi les insectes moins communs signalés dans 5 % des rapports ou plus figurent, par ordre d'importance: *Cryptolestes ferrugineus, Tinea pallescentella, Sitophilus oryzae* et *Cryptolestes* spp. Les infestations qu'on leur attribue représentent 9-25 % des cas relevés au pays. Enfin, parmi les insectes encore moins communs (signalés dans 1-4 % des rapports), mentionnons, toujours par ordre d'importance: *Sitophilus granarius, Cryptolestes pusillus, Pyralis farinalis, Plodia interpunctella, Typhaea stercorea, Haplotinea ditella, Alphitobius diaperinus, Tenebroides mauritanicus, Ptinus* spp., *Ephestia cautella* et *Ptinus hirtellus.* Les infestations de *Ptinus hirtellus, A. diaperinus* et *E. cautella* représentent ici respectivement 50 %, 25 % et 20 % des cas relevés au pays.

Québec (Qc)

Les silos à grains de Québec étaient infestés par 18 espèces d'arthropodes (tableau 14). De ce groupe, *Tenebrio molitor* était de loin l'espèce la plus répandue; on l'a signalé dans 21 % des rapports, ce qui représente 9 % des cas relevés au pays. *Sitophilus granarius* et *Ephestia kuehniella* venaient en deuxième et troisième places; on les a signalés respectivement dans 12 % et 11 % des rapports, proportions qui représentent toutefois 20 % et 52 % des cas relevés au pays. Parmi les arthropodes moins répandus, signalés dans 5-9 % des rapports, mentionnons, par ordre d'importance: *Attagenus* spp., *Cryptolestes* spp., *Pyralis farinalis, S. oryzae, Tenebroides mauritanicus* et *Cryptolestes ferrugineus.* Parmi les espèces encore moins communément observées, citons. *Alphitobius diaperinus, Ptinus ocellus,* des acariens, *Ahasverus advena, E. cautella, Tribolium confusum* et *C. turcicus.* Les infestations par *A. diaperinus* relevées à Québec représentent 50 % des cas signalés au pays; cette proportion est de 33 % dans le cas de *P. ocellus* et de 20 % dans celui d'*E. cautella.*

Arthropodes grands ravageurs des usines à provendes et des entrepôts

On signale des infestations d'arthropodes grands ravageurs dans 413 rapports d'inspection d'usines à provendes et d'entrepôts; ces rapports proviennent de 6 villes du Canada (tableaux 15 et 16). La plupart (257) concernent des usines à provendes situées à Toronto. Nous n'avons aucun rapport en provenance des localités situées à l'ouest de Winnipeg.

Winnipeg (Man.)

Les usines à provendes de Winnipeg étaient infestées par 12 espèces d'insectes (tableau 15). *Tribolium confusum* et *Oryzaephilus surinamensis*, tous deux signalés dans 23 % des rapports, étaient les deux espèces les plus répandues. Pour la première de ces deux espèces, cette proportion représente 22 % des infestations relevées dans l'ensemble du pays, tandis que pour la seconde, elle correspond à 63 % des cas signalés. *Tribolium audax*, mentionné dans 17 % des rapports, venait en troisième position; Winnipeg est le seul endroit où l'on a signalé cette espèce. Les *Attagenus* spp. arrivaient en quatrième place; on les a mentionnés dans 16 % des rapports, ce qui ne représente que 17 % des infestations signalées au pays. Les autres espèces d'insectes sont considérablement moins répandues; en effet, on ne les a mentionnées que dans 5 % des rapports au plus. Ce sont, par ordre d'importance: *Tenebrio molitor*, des Dermestidés, *Tribolium castaneum*, *Tenebroides mauritanicus*, *Ptinus* spp., *Anthrenus verbasci* et *A. scrophulariae*.

Baden (Ont.)

Les usines à provendes de Baden étaient infestées par 11 espèces d'insectes (tableau 15). Sur les quatre espèces les plus répandues, trois (*Ephestia kuehniella*, *Tribolium confusum* et *Attagenus* spp.) ont été signalées dans 19 % des rapports. Les infestations par *E. kuehniella* relevées à Baden représentent 33 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. *Tenebrio molitor*, mentionné dans 12 % des rapports, arrive en seconde place, après ces trois espèces. Parmi les insectes moins répandus, mentionnons *Tenebroides mauritanicus*, *Sitophilus granarius*, *Pyralis farinalis*, *Tenebrio obscurus* et *Cryptolestes turcicus*. On a signalé des *Scenopinus fenestralis*, mais la présence de ce diptère qui n'est pas un ravageur des denrées entreposées était peut-être accidentelle.

Hamilton (Ont.)

Les usines à provendes de Hamilton étaient infestées par 13 insectes dont trois espèces étaient plus répandues que les autres (tableau 15). *Tribolium confusum*, l'espèce la plus abondante a été signalée dans 21 % des rapports, ce qui représente 11 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. Les *Attagenus*

Tableau 15. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les usines à provendes d'une ville manitobaine et de 2 villes ontariennes exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981)

Type d'arthropode	Winnipeg (Man.) $n=75$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Baden (Ont.) $n=26$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Hamilton (Ont.) $n=39$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropodes au Canada [ordre d'importance] (*n*)*
Tribolium castaneum	3	2	0	0	3	1	82
Tribolium confusum	23	22	19	7	21	11	76
Attagenus spp.	16	17	19	7	15	8	72
Nemapogon granella	0	0	0	0	8	9	35
Tenebrio molitor	4	10	12	10	3	3	31
Oryzaephilus surinamensis	23	63	0	0	0	0	27
Tribolium spp.	3	9	0	0	0	0	22
Tenebroides mauritanicus	1	17	4	6	5	12	17
Ephestia kuehniella	0	0	19	33	0	0	15
Sitophilus granarius	0	0	4	7	0	0	15
Dermestidés	4	23	0	0	0	0	13
Tribolium audax	17	100	0	0	0	0	13
Pyralis farinalis	0	0	4	10	5	20	10
Ptinus spp.	1	13	0	0	0	0	8
Tenebrio obscurus	0	0	4	13	8	38	8
Cryptolestes turcicus	0	0	4	17	8	50	6
Cynaeus angustus	0	0	0	0	13	100	5
Anthrenus verbasci	1	33	0	0	0	0	3
Ptinus villiger	0	0	4	33	3	33	3
Anthrenus scrophulariae	1	50	0	0	0	0	2
Scenopinus fenestralis	0	0	8	100	0	0	2
Stegobium paniceum	0	0	0	0	5	100	2
Trogoderma inclusum	0	0	0	0	5	100	2

* n = Nombre de rapports. Nombre total de rapports au Canada: 413.

spp., signalés dans 15 % des rapports, venaient en deuxième place. *Cynaeus angustus*, mentionné dans 13 % des rapports, occupait la troisième position. Toutes les infestations attribuées à cette espèce dans les usines à provendes au Canada ont été observées à Hamilton. Parmi les insectes moins communs, mentionnés dans 3-8 % des rapports, mentionnons, par ordre d'importance: *Nemapogon granella*, *Tenebrio obscurus*, *Cryptolestes turcicus*, *Tenebroides mauritanicus*, *Stegobium paniceum*, *Trogoderma inclusum*, *Pyralis farinalis*, *Tribolium castaneum*, *Tenebrio molitor* et *Ptinus villiger*. Les infestations par *S. paniceum* et *Trogoderma inclusum* signalées à Hamilton représentent 100 % des cas relevés dans l'ensemble du pays.

Port Colborne (Ont.)

Les usines à provendes de Port Colborne étaient infestées par 19 types d'arthropodes (tableau 16). *Tribolium castaneum* était le plus répandu. On l'a mentionné dans 36 % des rapports, ce qui représente 55 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. Les *Attagenus* spp. arrivaient en deuxième place; on les a signalés dans 11 % des rapports, ce qui représente 19 % des infestations relevées au pays. Parmi les autres arthropodes moins communs, signalés dans 7-8 % seulement des rapports, mentionnons: des Dermestidés, *Cryptolestes ferrugineus* et *Plodia interpunctella*. Les infestations de *C. ferrugineus* et de *P. interpunctella* qu'on a relevées à Port Colborne représentent respectivement 24 % et 36 % des cas signalés au pays. Au nombre des arthropodes signalés dans moins de 5 % des rapports, citons, par ordre d'importance: *Nemapogon granella*, *Tenebrio molitor*, *Oryzaephilus surinamensis*, des acariens, *Sitophilus granarius*, *Cryptolestes turcicus*, *C. pusillus* et des Psocoptères.

Toronto (Ont.)

Nous avions 257 rapports d'inspection en provenance des usines à provendes de Toronto; il s'agit de l'échantillon le plus nombreux que nous ayons analysé pour ce type d'installations (tableau 16). Les usines à provendes de Toronto étaient infestées par 30 espèces d'arthropodes. De ce groupe, seuls *Tribolium confusum*, *Attagenus* spp., *Nemapogon granella* et *Cryptolestes ferrugineus* étaient répandus; on les signale dans 10-11 % des rapports. Pour les deux dernières espèces mentionnées, cette proportion représente 74 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. Parmi les arthropodes moins communs, mentionnés dans 5 % des rapports ou plus, mentionnons: *Tenebrio molitor*, *Tribolium castaneum*, *Plodia interpunctella*, *Tenebroides mauritanicus* et *Gibbium psylloides*. Les infestations par *T. mauritanicus* et *G. psylloides* signalées à Toronto représentent respectivement 71 % et 100 % des cas relevés dans l'ensemble du pays. *Hofmannophila pseudospretella*, papillon nocturne commun dans les silos-élévateurs des villes côtières de l'est et de l'ouest du Canada, a été signalé dans 2 % des rapports; ces infestations sont les seules signalées dans le pays, pour ce qui est des minoteries. On a également observé certains des arthropodes suivants à l'occasion: *Oryzaephilus surinamensis*,

Tableau 16. Fréquence des infestations d'arthropodes dans les usines à provendes de 3 villes ontariennes exprimée en % du nombre total de cas signalés (1969–1981)

Type d'arthropode	Port Colborne $n = 124$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Toronto $n = 257$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Almonte $n = 30$* (%)	Cas signalés au Canada (%)	Arthropodes au Canada [ordre d'importance] (*n*)*
Tribolium castaneum	36	55	5	17	17	6	82
Tribolium confusum	†	1	11	37	20	8	76
Attagenus spp.	11	19	11	40	10	4	72
Nemapogon granella	4	14	10	74	0	0	35
Cryptolestes ferrugineus	7	24	10	74	0	0	34
Tenebrio molitor	4	16	6	52	7	7	31
Oryzaephilus surinamensis	3	15	2	22	0	0	27
Plodia interpunctella	7	36	5	56	3	4	25
Tribolium spp.	0	0	3	36	23	32	22
Tenebroides mauritanicus	†	6	5	71	0	0	17
Ephestia kuehniella	0	0	2	33	0	0	15
Sitophilus granarius	2	20	4	67	3	7	15
Dermestidés	8	77	0	0	0	0	13
Gibbium psylloides	0	0	5	100	0	0	12
Acariens	3	36	2	36	10	27	11
Pyralis farinalis	†	10	2	60	0	0	10
Ptinus spp.	0	0	3	38	0	0	8
Cryptolestes pusillus	2	33	0	0	0	0	6
Cryptolestes turcicus	2	50	†	50	0	0	4
Hofmannophila pseudospretella	0	0	2	100	0	0	4
Typhaea stercorea	0	0	†	50	0	0	4

Anthrenus verbasci	†	33	†	33	0	0	3
Diptères	0	0	†	67	0	0	3
Pselaphochernes parvus	0	0	1	100	0	0	3
Psocoptères	2	67	†	33	0	0	3
Ptinus raptor	0	0	†	67	3	33	3
Ptinus villiger	0	0	†	33	0	0	3
Ahasverus advena	0	0	†	50	0	0	2
Alphitobius diaperinus	0	0	†	50	3	50	2
Anthrenus scrophulariae	†	50	0	0	0	0	2
Cryptolestes spp.	0	0	2	†	0	0	2
Dermestes lardarius	†	50	1	†	0	0	2
Ptinus ocellus	0	0	2	†	0	0	2

* *n* = Nombre de rapports. Nombre total de rapports au Canada: 413.
† Inférieure à 1%.

Ptinus spp., des acariens, *Ephestia kuehniella*, *Pyralis farinalis*, *Ptinus ocellus*, *Dermestes lardarius*, *Typhaea stercorea*, *Ptinus villiger*, *Ahasverus advena* et *Alphitobius diaperinus*.

Almonte (Ont.)

Les usines à provendes d'Almonte étaient infestées par 10 espèces d'arthropodes (tableau 16). La moitié de ces espèces étaient plus répandues que les autres. Les *Tribolium* spp. étaient les plus abondants; on les mentionne dans 23 % des rapports. *Tribolium confusum* et *T. castaneum* viennent respectivement en deuxième et troisième places. Suivent des *Attagenus* spp. et des acariens mentionnés dans 10 % des rapports. Parmi les espèces relativement moins communes, signalées dans 3-7 % des rapports, mentionnons: *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius*, *Plodia interpunctella*, *Ptinus raptor* et *Alphitobius diaperinus*.

Distribution saisonnière et régionale des arthropodes ravageurs des denrées entreposées

Minoteries

Colombie-Britannique

Tribolium confusum est le plus fréquent des arthropodes observés dans les minoteries de la Colombie-Britannique (tableau 17). Surtout répandu au printemps, il devient progressivement plus rare en hiver, en été et en automne. Les infestations attribuées à d'autres espèces du genre *Tribolium* étaient plus fréquentes en automne et moins en été; on n'en a signalé aucune au printemps.

Provinces des Prairies

Tribolium confusum est le plus fréquent des arthropodes observés dans les minoteries des provinces des Prairies; 64 % de toutes les infestations signalées dans cette région sont attribuées à cet insecte (tableau 18). Il est signalé tout au long de l'année; la fréquence des infestations varie entre 69 % en hiver et 56 % au printemps. Les infestations par d'autres espèces de *Tribolium*, qui constituent le second groupe d'arthropodes par ordre d'importance, ont également été signalées durant toute l'année, avec une distribution saisonnière semblable. En troisième place viennent *Trogoderma inclusum* et des *Attagenus* spp. On a observé ces espèces durant toute l'année, mais elles sont surtout répandues au printemps. Si on exclut les espèces qui n'ont été signalées qu'une seule fois, on constate que seulement sept autres espèces d'arthropodes se sont manifestées sporadiquement (tableau 18). Dans ces cas, la fréquence d'apparition était trop faible pour qu'on puisse discerner un cycle quelconque.

Tableau 17. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les minoteries de la Colombie-Britannique durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n=23$† (%)	Été $n=7$† (%)	Automne $n=8$† (%)	Hiver $n=6$† (%)	Printemps $n=2$† (%)
1	*Tribolium confusum*	64	57	38	67	100
2	*Tribolium* spp.	10	14	25	17	0

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† $n=$ Nombre de rapports.

Tableau 18. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les minoteries des provinces des Prairies durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n = 182$† (%)	Été $n = 34$† (%)	Automne $n = 54$† (%)	Hiver $n = 42$† (%)	Printemps $n = 52$† (%)
1	*Tribolium confusum*	64	68	67	69	56
2	*Tribolium* spp.	10	12	13	14	4
3	*Trogoderma inclusum*	6	6	6	2	10
4	*Attagenus* spp.	6	6	2	5	10
5	*Tribolium castaneum*	3	0	2	2	6
6	*Sitophilus oryzae*	1	0	2	0	2
7	*Ephestia kuehniella*	1	3	0	0	2
8	*Lepisma saccharina*	1	0	0	2	2
9	*Ptinus villiger*	1	0	2	0	2
10	Dermestidés	1	0	4	0	0
11	*Tenebroides mauritanicus*	1	3	0	2	0

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† n = Nombre de rapports.

Ontario

Tribolium confusum et *T. castaneum* se placent respectivement aux premier et deuxième rangs des 37 espèces d'arthropodes (excluant les espèces signalées une seule fois) observées dans les minoteries de l'Ontario (tableau 19). Les arthropodes les plus répandus ont été observés durant toute l'année, mais la fréquence des infestations variait. *T. confusum* abondait surtout en hiver, les infestations s'observant le plus rarement en été et au printemps; quant à *T. castaneum*, il était répandu surtout au printemps et c'est en été qu'on le voyait le moins. Le troisième groupe d'insectes des minoteries de l'Ontario était composé de trois types de ravageurs: les *Attagenus* spp. étaient surtout abondants en été et au printemps et devenaient le plus rare en automne et en hiver; *Gibbium psylloides* était surtout répandu en hiver et s'observait le moins fréquemment en automne; enfin, on voyait surtout les *Tribolium* spp. en automne, la fréquence des infestations étant la plus faible en été et au printemps. Pour certains autres arthropodes, moins communs dans les minoteries, la fréquence des infestations signalées à chaque saison était relativement faible (1-7 %). *Tenebrio molitor* se manifestait le plus fréquemment en été; *Sitophilus granarius*, en automne; *Cryptolestes ferrugineus*, en hiver; *Ephestia kuehniella*, *Ptinus* spp. et *Tenebroides mauritanicus*, au printemps.

Québec

Tribolium castaneum est le plus abondant des 19 arthropodes (excluant ceux qui n'ont été signalés qu'une seule fois) observés dans les minoteries du Québec (tableau 20). Cet insecte est signalé dans plus de 52 % des rapports; il est surtout répandu en hiver où sa fréquence d'apparition atteint 75 %. *Sitophilus granarius*, qui vient en deuxième place pour son abondance durant toute l'année, n'est mentionné que dans 7 % des rapports d'inspection des minoteries du Québec; c'est en hiver qu'il est le moins abondant. *Sitophilus oryzae*, arrive en troisième position; il est surtout répandu en hiver, l'été étant la saison où on l'observe le moins souvent. Parmi les autres arthropodes signalés dans les minoteries du Québec, les *Attagenus* spp. ont été observés le plus souvent au printemps et le moins fréquemment en hiver; *Tenebrio molitor*, surtout répandu au printemps, se voit le moins souvent en automne; *Cryptolestes ferrugineus* s'observe surtout en automne et c'est en hiver qu'on le signale le moins souvent; *C. pusillus* est le plus fréquent en été et le plus rare en hiver; enfin, *Tenebroides mauritanicus* abondait surtout en été et en automne pour devenir plus rare au printemps; on n'a signalé aucune infestation en hiver. Il semble qu'au Québec, la saison de prédilection pour différentes espèces d'insectes dans les minoteries soit l'hiver pour *Tribolium confusum*, le printemps pour les *Trogoderma* spp., l'automne pour *Oryzaephilus surinamensis* et l'été pour *Pyralis farinalis*.

Tableau 19. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les minoteries de l'Ontario durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n = 580$† (%)	Été $n = 162$† (%)	Automne $n = 149$† (%)	Hiver $n = 136$† (%)	Printemps $n = 133$† (%)
1	*Tribolium confusum*	16	14	17	21	15
2	*Tribolium castaneum*	11	9	10	12	14
3	*Attagenus* spp.	7	9	5	6	9
4	*Gibbium psylloides*	7	6	5	10	8
5	*Tribolium* spp.	7	5	10	7	5
6	*Ptinus* spp.	5	8	3	3	7
7	*Tenebrio molitor*	5	7	5	1	6
8	*Sitophilus granarius*	4	4	6	2	5
9	*Cryptolestes pusillus*	4	4	4	4	5
10	*Cryptolestes ferrugineus*	4	3	5	6	2
11	*Ephestia kuehniella*	3	4	4	2	5
12	*Tenebroides mauritanicus*	3	3	3	3	5
13	Dermestidés	2	2	2	3	3
14	*Oryzaephilus surinamensis*	2	1	1	4	2
15	*Nemapogon granella*	2	1	3	2	0
16	*Trogoderma inclusum*	1	3	1	0	1
17	*Cryptolestes turcicus*	1	1	1	2	2
18	Acariens	1	1	1	2	0
19	*Typhaea stercorea*	1	3	1	0	0
20	Psocoptères	1	1	1	2	0
21	*Dermestes lardarius*	1	1	1	1	2
22	*Plodia interpunctella*	1	1	1	2	0
23	*Pyralis farinalis*	1	2	1	0	0

24	*Haplotinea ditella*	1	0	1	2	0
25	Isopodes	1	1	1	0	0
26	*Anthrenus verbasci*	1	1	0	0	2
27	*Ptinus villiger*	1	1	0	2	0
28	*Mezium americanum*	1	0	0	1	2
29	*Ahasverus advena*	1	1	1	0	0
30	*Cynaeus angustus*	1	0	1	0	0
31	*Anthicus floralis*	1	1	1	0	0
32	*Cryptophagus* spp.	0	0	1	1	0
33	Diptères	0	1	1	0	0
34	*Anthrenus scrophulariae*	0	0	1	0	0
35	*Ptinus tectus*	0	1	0	0	1
36	*Ptinus ocellus*	0	1	0	1	0
37	*Tenebrio obscurus*	0	1	0	0	1

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† n = Nombre de rapports.

Tableau 20. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les minoteries du Québec durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n = 374$† (%)	Été $n = 109$† (%)	Automne $n = 113$† (%)	Hiver $n = 76$† (%)	Printemps $n = 76$† (%)
1	*Tribolium castaneum*	59	55	52	75	59
2	*Sitophilus granarius*	7	9	7	1	8
3	*Sitophilus oryzae*	4	2	5	8	3
4	*Attagenus* spp.	4	5	2	1	7
5	*Tenebrio molitor*	4	5	1	3	7
6	*Cryptolestes ferrugineus*	2	2	4	1	3
7	*Cryptolestes pusillus*	2	4	2	1	3
8	*Tenebroides mauritanicus*	2	4	4	0	1
9	*Tribolium confusum*	2	1	3	5	0
10	*Trogoderma* spp.	2	1	1	1	5
11	*Tribolium* spp.	1	1	4	0	0
12	*Oryzaephilus surinamensis*	1	0	4	1	0
13	*Ephestia kuehniella*	1	1	2	0	1
14	*Alphitobius diaperinus*	1	1	1	0	3
15	*Ahasverus advena*	1	1	2	1	0
16	*Typhaea stercorea*	1	2	2	0	0
17	*Cryptophagus* spp.	1	1	1	0	1
18	*Pyralis farinalis*	1	3	0	0	0
19	*Ptinus hirtellus* (= *P. clavipes*)	1	0	3	0	0

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† n = Nombre de rapports.

Provinces Maritimes

Les *Tribolium* spp. sont les seuls arthropodes qu'on a observés dans les minoteries des provinces Maritimes (à l'exclusion des espèces qui n'ont été signalées qu'une seule fois) (tableau 21). Des espèces non identifiées appartenant à ce genre (probablement *T. confusum* et *T. castaneum*) ont été signalées dans plus de 50 % des rapports à chaque saison. *Tribolium destructor* était surtout abondant au printemps; les infestations étaient le moins fréquentes en hiver et on n'en a signalé aucune en été. *T. castaneum* abondait surtout en automne. Comme nous ne disposions que d'un petit nombre de rapports d'inspection sur les minoteries de cette région, il se peut que les cycles d'infestation saisonnière de ces différentes espèces ne soient pas vraiment significatifs.

Silos-élévateurs à grains

Colombie-Britannique

Parmi les 19 espèces d'arthropodes signalées dans les silos-élévateurs à grains de Vancouver et de Prince Rupert, les papillons de nuit occupent les deux premières places (tableau 22). *Hofmannophila pseudospretella*, mentionné dans 16 % des rapports annuels, était le plus fréquent au printemps et le moins fréquent en été et en automne. *Endrosis sarcitrella*, mentionné dans 12 % des rapports, s'observait surtout en hiver, les infestations étant le moins fréquentes au printemps. *Tenebrio molitor* vient en troisième place pour son abondance durant l'année; la fréquence des infestations de cette espèce est la même toute l'année, sauf au printemps où elle était maximale. Le quatrième groupe comprend des Lépidoptères (papillons nocturnes): il s'agissait probablement de spécimens de *H. pseudospretella* et de *E. sarcitrella* non identifiés. Quant aux autres arthropodes moins répandus, mais néanmoins importants au point de vue économique, ils ont infesté les silos-élévateurs de la Colombie-Britannique à diverses époques de l'année: *Ptinus* spp. surtout en hiver, *Cryptolestes ferrugineus* en été, les acariens en automne et en hiver, *Sitophilus granarius* au printemps, les Psocoptères en hiver, *Tribolium castaneum* en été, *T. confusum* au printemps, *Pyralis farinalis* en été, les *Attagenus* spp. au printemps et *Niptus unicolor* au printemps.

Thunder Bay (Ont.)

Nemapogon granella était le plus répandu des neufs arthropodes (à l'exclusion des espèces qui n'ont été signalées qu'une fois) observés durant l'année dans les élévateurs terminaux de Thunder Bay (tableau 23). On l'a mentionné dans 14 % ou plus des rapports à chaque saison; il abondait particulièrement en hiver et s'observait le moins souvent en été. *Tenebrio molitor* et les acariens venaient respectivement en deuxième et troisième places: le premier était plus fréquent en hiver et en été qu'au printemps et en automne, tandis que les seconds étaient plus fréquents en été et en automne qu'au

Tableau 21. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les minoteries des Maritimes durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropodes*	Infestations				
		Total $n=27$† (%)	Été $n=3$† (%)	Automne $n=11$† (%)	Hiver $n=9$† (%)	Printemps $n=4$† (%)
1	*Tribolium* spp.	59	67	55	67	50
2	*Tribolium destructor*	19	0	18	22	50
3	*Tribolium castaneum*	11	0	18	11	0

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† $n=$ Nombre de rapports.

printemps; ils ne se sont pas manifestés en hiver. *Cryptolestes ferrugineus* a été mentionné dans 10 % des rapports annuels; on l'a observé le plus souvent en automne et le moins souvent en été. Certains papillons nocturnes non identifiés ont été signalés plus souvent en été et en hiver qu'en automne et au printemps. Les *Cryptophagus* spp. se sont manifestés le plus souvent en hiver et le moins souvent en été.

Ontario

Comme à Thunder Bay, *Nemapogon granella*, *Tenebrio molitor* et *Cryptolestes ferrugineus* ont été les trois arthropodes les plus répandus dans les silos-élévateurs situés dans les autres localités de l'Ontario (tableau 24). *N. granella* a été mentionné dans 13 % ou plus des rapports de chaque saison; on l'a signalé surtout en automne. *T. molitor* est beaucoup plus répandu en été qu'en d'autres saisons; c'est en hiver qu'on l'a observé le moins souvent. *C. ferrugineus* était le plus fréquent en hiver et le moins fréquent au printemps et en été. Les *Attagenus* spp. arrivaient en quatrième place pour leur abondance: on les a signalés plus souvent au printemps et en été qu'en automne. On a observé des acariens en toutes saisons, mais la fréquence des infestations était relativement basse en hiver. Parmi les espèces moins abondantes, *Plodia interpunctella* apparaissait surtout en hiver, *Sitophilus granarius* en automne, *Ptinus villiger* au printemps, *Tribolium castaneum* et *Cryptolestes pusillus* en hiver.

Québec

Tenebrio molitor, des *Attagenus* spp. et *Nemapogon granella* occupaient les trois premières places parmi les 31 arthropodes observés dans les élévateurs terminaux du Québec (tableau 25). *T. molitor*, le plus répandu, a été mentionné dans 15 % ou plus des rapports à chaque saison; abondant en été et au printemps, il se voit moins en automne. Les *Attagenus* spp. ont été signalés dans 28 % des rapports du printemps et dans seulement 6 % des rapports de l'hiver. *N. granella* a été mentionné dans 10-11 % des rapports en toutes saisons, sauf au printemps où on ne l'a signalé que dans 3 % des cas. *Sitophilus granarius*, qui arrivait en quatrième place, abondait surtout en automne et en hiver; on le voyait moins souvent au printemps. *Cryptolestes ferrugineus*, qui était aussi répandu que *S. granarius*, se voyait le plus souvent en hiver et devenait relativement rare en été. *Sitophilus oryzae* se plaçait au cinquième rang: particulièrement abondant en automne, on le voyait le moins souvent au printemps. *Cryptolestes pusillus* a été signalé dans 5 % des rapports; on l'a observé le plus souvent en hiver, et le plus rarement en été. Voici la saison de prédilection pour les arthropodes relativement moins répandus des élévateurs du Québec: *Pyralis farinalis* abondait au printemps, *Tenebroides mauritanicus* en hiver, *Tinea pallescentella* en automne, *Ephestia kuehniella* en été, *Typhaea stercorea* en automne, *Haplotinea ditella* au printemps, *Alphitobius diaperinus* au printemps et *Lasioderma serricorne* et *Ahasverus advena* en hiver. Étant donné le grand nombre de rapports analysés (644), il est probable qu'ici les caractéristiques saisonnières des infestations sont raisonnablement fiables.

Tableau 22. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les silos à grains de la Colombie-Britannique durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n = 103$† (%)	Été $n = 48$† (%)	Automne $n = 24$† (%)	Hiver $n = 13$† (%)	Printemps $n = 18$† (%)
1	*Hofmannophila pseudospretella*	16	13	13	15	28
2	*Endrosis sarcitrella*	12	13	13	15	6
3	*Tenebrio molitor*	9	8	8	8	11
4	Lépidoptères spp.	6	2	17	8	0
5	*Ptinus* spp.	6	6	4	8	6
6	*Cryptolestes ferugineus*	5	8	4	0	0
7	Acariens	5	2	8	8	6
8	*Sitophilus granarius*	4	2	0	8	11
9	Staphylinidae spp.	4	4	8	0	0
10	*Tinea pallescentella*	3	4	4	0	0
11	Psocoptères	3	0	4	8	6
12	*Cryptophagus cellaris*	3	4	0	8	0
13	*Tribolium castaneum*	2	4	0	0	0
14	*Tribolium confusum*	2	2	0	0	6
15	*Cryptolestes* spp.	2	0	4	8	0
16	*Pyralis farinalis*	2	4	0	0	0
17	*Attagenus* spp.	2	2	0	0	6
18	*Niptus unicolor*	2	2	0	0	6
19	*Cryptophagus* spp.	2	0	4	0	6

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† n = Nombre de rapports.

Tableau 23. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les silos à grains de Thunder Bay (Ont.) durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n = 98$† (%)	Été $n = 29$† (%)	Automne $n = 50$† (%)	Hiver $n = 8$† (%)	Printemps $n = 11$† (%)
1	*Nemapogon granella*	24	14	26	38	27
2	*Tenebrio molitor*	13	24	6	25	9
3	Acariens	12	14	14	0	9
4	*Cryptolestes ferrugineus*	10	3	14	13	9
5	Lepidoptères spp.	9	14	6	13	9
6	*Cryptophagus cellaris*	7	3	10	0	9
7	*Cryptophagus* spp.	7	3	8	13	9
8	*Attagenus* spp.	5	7	2	0	18
9	*Lathridius* spp.	2	3	2	0	0

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† n = Nombre de rapports.

Tableau 24. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les silos à grains de l'Ontario durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n = 393$† (%)	Été $n = 123$† (%)	Automne $n = 180$† (%)	Hiver $n = 36$† (%)	Printemps $n = 54$† (%)
1	*Nemapogon granella*	16	14	19	17	13
2	*Tenebrio molitor*	16	24	12	11	15
3	*Cryptolestes ferrugineus*	11	7	13	22	7
4	*Attagenus* spp.	8	12	4	11	13
5	Acariens	7	7	8	3	6
6	Lépidoptères	4	5	3	3	4
7	*Plodia interpunctella*	3	4	3	6	0
8	*Cryptophagus cellaris*	3	2	4	3	4
9	*Tenebroides mauritanicus*	3	4	2	0	2
10	*Sitophilus granarius*	2	0	5	0	0
11	*Pyralis farinalis*	2	2	3	0	2
12	*Ptinus villiger*	2	1	1	3	7
13	*Cryptophagus* spp.	2	1	3	3	2
14	*Tribolium castaneum*	2	2	1	6	2
15	*Cryptolestes pusillus*	2	1	2	3	0
16	*Ephestia kuehniella*	2	1	2	0	2
17	Psocoptères	1	2	2	0	0
18	*Pselaphochernes parvus*	1	2	1	0	4
19	*Ptinus* spp.	1	0	2	3	2
20	*Lathridius* spp.	1	2	1	0	0
21	*Tribolium confusum*	1	0	1	3	2
22	*Oryzaephilus surinamensis*	1	0	2	0	0
23	*Tinea pallescentella*	1	2	1	0	0

24	*Ahasverus advena*	1	1	2	0	0	
25	*Tribolium* spp.	1	0	0	6	2	
26	*Typhaea stercorea*	1	2	1	0	0	
27	*Haplotinea ditella*	1	1	0	0	2	
28	Diptères	1	1	0	0	2	
29	*Pselaphochernes* spp.	1	1	1	0	0	
30	*Ptinus ocellus*	1	0	1	0	0	
31	*Niptus unicolor*	1	0	1	0	0	

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† *n* = Nombre de rapports.

Provinces Maritimes

Nemapogon granella était le plus répandu des 17 arthropodes observés dans les silos-élévateurs terminaux des Maritimes (tableau 26). On l'a signalé dans 37 % des rapports annuels et dans 53 % des rapports du printemps; c'est en été qu'il était le plus rare. *Tenebrio molitor* et certains acariens arrivaient en deuxième et troisième places respectivement. *T. molitor* a été signalé dans 12 % ou plus des rapports de chaque saison, mais il était plus abondant au printemps et moins abondant en hiver. Les acariens ont été signalés dans 16 % des rapports en toutes saisons également, sauf au printemps où ils ont été légèrement moins abondants. *Hofmannophila pseudospretella* était en quatrième position; on l'a signalé le plus souvent en hiver et le plus rarement en automne. *Cryptolestes ferrugineus* n'a été observé qu'en automne et en hiver; il abondait surtout en automne. Voici la saison de prédilection pour les arthropodes moins répandus: *Dermestes lardarius* et *Tineola bisselliella* en été, *Ptinus villiger* en automne, *Pyralis farinalis* au printemps, *Niptus hololeucus* et *Ahasverus advena* en hiver.

Usines à provendes

Provinces des Prairies

Au nombre des neuf espèces d'insectes observées durant l'année dans les usines à provendes des provinces des Prairies, *Tribolium confusum*, *Oryzaephilus surinamensis* et *Tribolium audax* occupaient, dans cet ordre, les trois premières places (tableau 27). *T. confusum* abondait généralement en toutes saisons sauf en été; on l'a signalé le plus souvent en automne. *O. surinamensis* a été observé le plus souvent en hiver et le plus rarement au printemps. *T. audax* abondait surtout au printemps; on l'a signalé dans plus de 11 % des rapports, quelle que soit la saison. Les *Attagenus* spp. étaient plus répandus au printemps et en été qu'en automne, on n'a signalé aucune de ces espèces en hiver. Les *Tribolium* spp. se voyaient surtout en hiver; on n'en a pas observé au printemps. Voici la saison de prédilection pour les espèces moins abondantes: *Tribolium castaneum* et *Tenebrio molitor* en été, des Dermestidés en été et en hiver, et *Ephestia kuehniella* au printemps.

Ontario

Tribolium castaneum était le plus abondant des 37 arthropodes (à l'exclusion des espèces qui n'ont été signalées qu'une fois) infestant les usines à provendes ontariennes (tableau 28). On l'a signalé dans 14 % des rapports annuels; on l'a vu le plus souvent en hiver et le plus rarement en été. Les *Attagenus* spp., qui occupaient la deuxième position, abondaient surtout au printemps et s'observaient le moins souvent en hiver. *Tribolium confusum* était en troisième position; surtout répandu en hiver, il se faisait le plus rare en été. *Nemapogon granella* et *Cryptolestes ferrugineus* se plaçaient respectivement aux quatrième et cinquième rangs; on les a signalés dans 7 % des

Tableau 25. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les silos à grains du Québec durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n = 644$† (%)	Été $n = 215$† (%)	Automne $n = 323$† (%)	Hiver $n = 35$† (%)	Printemps $n = 71$† (%)
1	*Tenebrio molitor*	19	24	15	20	23
2	*Attagenus* spp.	14	16	10	6	28
3	*Nemapogon granella*	10	10	11	11	3
4	*Sitophilus granarius*	7	5	10	9	3
5	*Cryptolestes ferrugineus*	7	3	9	11	6
6	*Sitophilus oryzae*	6	5	7	3	1
7	*Cryptolestes pusillus*	5	3	7	11	6
8	*Pyralis farinalis*	4	5	3	3	9
9	*Tenebroides mauritanicus*	4	3	4	11	1
10	*Tinea pallescentella*	3	2	5	0	3
11	*Cryptolestes* spp.	2	4	4	0	0
12	*Ephestia kuehniella*	2	2	2	0	1
13	*Plodia interpunctella*	2	2	2	3	3
14	*Typhaea stercorea*	1	2	3	0	0
15	Acariens	1	1	1	0	1
16	*Haplotinea ditella*	1	1	1	0	3
17	*Alphitobius diaperinus*	1	1	1	0	3
18	*Cryptolestes turcicus*	1	1	1	0	1
19	*Lasioderma serricorne*	1	1	0	6	0
20	*Ephestia cautella*	1	1	1	0	0
21	*Tribolium* spp.	1	1	0	0	1
22	*Ptinus* spp.	1	1	0	0	0

Tableau 25. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les silos à grains du Québec durant 4 saisons (1969–1981) *(fin)*

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n=644$† (%)	Été $n=215$† (%)	Automne $n=323$† (%)	Hiver $n=35$† (%)	Printemps $n=71$† (%)
23	*Microgramme filum*	1	1	1	0	0
24	*Oryzaephilus surinamensis*	0	0	1	0	0
25	Lépidoptères	0	1	0	0	0
26	Diptères	0	1	0	0	0
27	*Trogoderma* spp.	0	0	0	0	1
28	*Ptinus hirtellus* (=*P. clavipes*)	0	0	1	0	0
29	*Ptinus ocellus*	0	1	0	0	0
30	*Tenebrio obscurus*	0	1	0	0	0
31	*Ahasverus advena*	0	0	0	3	0

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† n = Nombre de rapports.

Tableau 26. Fréquence des infestations d'ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les silos à grains des Maritimes durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n=167$† (%)	Été $n=69$† (%)	Automne $n=58$† (%)	Hiver $n=25$† (%)	Printemps $n=15$† (%)
1	*Nemapogon granella*	37	29	38	44	53
2	*Tenebrio molitor*	17	17	17	12	20
3	Acariens	16	16	16	16	13
4	*Hofmannophila pseudospretella*	6	7	3	8	7
5	*Cryptolestes ferrugineus*	4	0	9	4	0
6	*Dermestes lardarius*	3	4	3	0	0
7	*Tineola bisselliella*	2	4	0	0	0
8	*Ptinus villiger*	2	0	5	0	0
9	*Pyralis farinalis*	1	1	0	0	7
10	*Tinea pellionella*	1	1	2	0	0
11	Lépidoptères	1	3	0	0	0
12	Psocoptères	1	1	2	0	0
13	*Ptinus* spp.	1	1	2	0	0
14	*Ptinus ocellus*	1	1	2	0	0
15	*Niptus hololeucus*	1	0	2	4	0
16	*Ahasverus advena*	1	0	0	8	0
17	*Cryptophagus* spp.	1	3	0	0	0

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† $n=$ Nombre de rapports.

Tableau 27. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les usines à provendes des provinces des Prairies durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n=91$† (%)	Été $n=18$† (%)	Automne $n=38$† (%)	Hiver $n=16$† (%)	Printemps $n=19$† (%)
1	*Tribolium confusum*	24	6	32	25	26
2	*Oryzaephilus surinamensis*	19	17	21	31	5
3	*Tribolium audax*	14	11	13	13	21
4	*Attagenus* spp.	13	22	11	0	21
5	*Tribolium* spp.	8	11	3	25	0
6	*Tribolium castaneum*	4	11	5	0	0
7	*Tenebrio molitor*	4	11	3	0	5
8	Dermestidae	3	6	3	6	0
9	*Ephestia kuehniella*	2	0	3	0	5

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† n = Nombre de rapports.

Tableau 28. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les usines à provendes de l'Ontario durant 4 saisons (1969–1981)

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n = 494$† (%)	Été $n = 167$ (%)	Automne $n = 134$† (%)	Hiver $n = 84$† (%)	Printemps $n = 109$† (%)
1	*Tribolium castaneum*	14	9	16	19	14
2	*Attagenus* spp.	12	12	10	6	19
3	*Tribolium confusum*	11	5	14	18	10
4	*Nemapogon granella*	7	10	6	4	6
5	*Cryptolestes ferrugineus*	7	5	8	12	5
6	*Tenebrio molitor*	6	8	4	4	6
7	*Plodia interpunctella*	5	5	6	6	3
8	*Tenebroides mauritanicus*	3	5	2	2	3
9	*Tribolium* spp.	3	1	3	5	5
10	*Sitophilus granarius*	3	2	4	4	3
11	*Ephestia kuehniella*	2	3	3	1	2
12	*Gibbium psylloides*	2	3	1	2	4
13	Acariens	2	4	1	2	1
14	*Oryzaephilus surinamensis*	2	2	4	0	2
15	*Pyralis farinalis*	2	4	2	1	1
16	Dermestidés	2	1	2	4	3
17	*Tenebrio obscurus*	2	2	2	1	1
18	*Ptinus* spp.	1	1	1	1	4
19	*Cryptolestes turcicus*	1	2	1	2	0
20	*Cynaeus angustus*	1	1	2	0	0
21	*Cryptolestes pusillus*	1	0	1	0	3

Tableau 28. Fréquence des infestations et ordre d'importance des différents arthropodes observés dans les usines à provendes de l'Ontario durant 4 saisons (1969–1981) *(fin)*

Ordre d'importance	Type d'arthropode*	Infestations				
		Total $n = 494$† (%)	Été $n = 167$ (%)	Automne $n = 134$† (%)	Hiver $n = 84$† (%)	Printemps $n = 109$† (%)
22	*Hofmannophila pseudospretella*	1	2	0	0	1
23	Psocoptères	1	1	1	0	0
24	*Pselaphochernes parvus*	1	0	1	0	2
25	*Ptinus villiger*	1	1	1	0	1
26	*Ptinus raptor*	1	1	0	0	1
27	*Typhaea stercorea*	1	1	0	1	0
28	*Cryptolestes* spp.	‡	0	1	1	0
29	*Scenopinus fenestralis*	‡	1	1	0	0
30	Diptères	‡	1	0	1	0
31	*Trogoderma inclusum*	‡	1	0	0	0
32	*Anthrenus verbasci*	‡	0	2	0	0
33	*Ptinus ocellus*	‡	1	0	1	0
34	*Alphitobius diaperinus*	‡	1	1	0	0
35	*Dermestes lardarius*	‡	1	1	0	0
36	*Ahasverus advena*	‡	0	2	0	0
37	*Stegobium paniceum*	‡	1	0	0	0

* Les arthropodes qui n'ont été signalés qu'une fois sont omis.
† n = Nombre de rapports.
‡ Inférieure à 1%.

rapports annuels. *N. granella* abondait surtout en été et se voyait le moins souvent en hiver. *C. ferrugineus* s'observait le plus souvent en hiver et le plus rarement au printemps et en été. *Tenebrio molitor* et *Plodia interpunctella* étaient également assez répandus dans les usines à provendes. *T. molitor* s'observait surtout en été et se voyait le moins souvent en automne et en hiver. *P. interpunctella* était cependant plus répandu en automne et en hiver qu'au printemps. La plupart des autres arthropodes relativement moins répandus (signalés dans 1-3 % des rapports annuels) apparaissaient plus ou moins également durant les quatre saisons de l'année. Voici les saisons de prédilection pour ces arthropodes: *Tenebroides mauritanicus* en été, *Tribolium* spp. en hiver et au printemps, *Sitophilus granarius* en automne et en hiver, *Ephestia kuehniella* en été et en automne, *Gibbium psylloides* au printemps, les acariens en été, *Oryzaephilus surinamensis* en automne; *Pyralis farinalis* en été, les Dermestidés en hiver, *Ptinus* spp. et *Cryptolestes pusillus* au printemps.

Québec

Dans les 14 rapports d'inspection des usines à provendes en provenance du Québec, on n'a mentionné qu'une seule espèce. Il s'agit de *Tribolium castaneum* qu'on a signalé dans 79 % des rapports annuels. La fréquence des infestations pour chaque saison se lit comme suite: printemps, 100 %; été et automne, 75 % et hiver, 50 %. Il nous manque peut-être des données sur d'autres espèces, en raison du petit nombre de rapports rédigés.

Infestations multiples par des arthropodes selon les régions

Il arrive souvent que les minoteries, les silos-élévateurs et les usines à provendes soient infestés par plusieurs espèces d'arthropodes en même temps. Ces infestations multiples signifient généralement que plusieurs espèces d'arthropodes préfèrent une même niche écologique se caractérisant par une température, un taux d'humidité relative et un type de denrée donnés. Nous ignorons si ce type d'infestations suppose qu'il y a interdépendance entre les arthropodes concernés, s'il représente un stade de la succession écologique de ces arthropodes ou encore s'il est dû à la fréquence élevée de ces insectes dans les structures d'entreposage. La brève analyse qui suit devrait faciliter les recherches futures visant à résoudre certains problèmes précis liés à la gestion des ravageurs à l'aide d'insecticides ou de méthodes non chimiques.

Le type d'association le plus fréquent entre diverses espèces d'arthropodes, quels que soient le type d'installations ou le lieu, regroupait, dans 34 % des rapports, trois insectes: *Tenebrio molitor*, des *Attagenus* spp. et *Nemapogon granella* (tableau 29); cette combinaison était plus fréquente dans les élévateurs de l'est du Canada. Le deuxième type d'association le plus fréquent a été observé entre *T. molitor* et *N. granella* et entre *T. molitor* et des *Attagenus* spp.; on a signalé ces associations dans 22 % des rapports. Parmi les autres cas d'infestations multiples de fréquence égale ou supérieure à 10 %, on a noté: *Tribolium* spp. et *Attagenus* spp.; *N. granella* et *Attagenus* spp.;

Tenebrio molitor, *Attagenus* spp. et *Tribolium confusum*; *T. castaneum*, *Attagenus* spp. et *T. confusum*; enfin, *N. granella*, *Attagenus* spp. et *T. confusum*. On a aussi signalé plusieurs autres infestations multiples regroupant les diverses espèces mentionnées ci-dessus, à une fréquence de 3-9 % (tableau 29).

Minoteries

Ontario

Deux types d'associations entre deux insectes se sont partagés le premier rang, pour ce qui est de leur fréquence, dans les minoteries de l'Ontario; il s'agissait de *Tribolium confusum* et des *Attagenus* spp., d'une part, et de *T. confusum* et *Gibbium psylloides* d'autre part; ces deux associations ont été signalées dans 27 % des rapports (tableau 30). Les infestations simultanées par *Tribolium castaneum* et *Attagenus* spp. étaient en seconde place, tandis que celle regroupant *T. castaneum* et *Gibbium psylloides* arrivait en troisième position. On a aussi signalé cinq autres types d'associations regroupant deux de ces insectes, suivant diverses combinaisons d'espèces ou de groupes d'espèces.

L'association de trois espèces d'insectes la plus commune (fréquence d'association de 60 %, tableau 30) regroupait *T. confusum*, *Attagenus* spp. et *G. psylloides*. *T. confusum* et *T. castaneum* s'associaient dans 4 % des infestations. Ces deux insectes ont également été signalés dans des associations de trois espèces avec des *Attagenus* spp., la fréquence de cette combinaison étant de 20 %.

Québec

Les associations les plus fréquentes de deux espèces d'insectes dans les minoteries du Québec regroupaient soit *Tribolium castaneum* et *Sitophilus oryzae*, soit *Tenebrio molitor* et des *Attagenus* spp. (tableau 31). Les associations entre *Tribolium castaneum* et *S. granarius* et entre *Tenebrio molitor* et *S. granarius* arrivaient en deuxième place. On a signalé également six autres associations mettant en jeu deux types d'insectes suivant diverses combinaisons des mêmes espèces ou groupes d'espèces.

L'association de trois insectes la plus fréquemment observée regroupait des *Attagenus* spp., *T. molitor* et *S. granarius*. On a signalé aussi six autres associations combinant trois insectes à une fréquence de 11 % et trois autres à une fréquence de 6 % (tableau 31).

Provinces Maritimes

L'association de deux insectes la plus fréquemment observée dans les minoteries des Maritimes regroupait des *Tribolium* spp., et *T. destructor* (tableau 32). Les deux autres types d'associations mentionnées mettaient en jeu des *Tribolium* spp. et des *Cryptolestes* spp., dans un cas, et *Tribolium castaneum* et *Alphitobius diaperinus* dans l'autre.

Tableau 29. Fréquence des associations entre les arthropodes les plus répandus dans les minoteries, les silos à grains et les usines à provendes au Canada (1969–1981)

Type d'arthropode					Fréquence des associations (%*)
Tenebrio molitor	+	*Nemapogon granella*			22
Tenebrio molitor	+	*Attagenus* spp.			22
Tribolium spp.	+	*Attagenus* spp.			13
Nemapogon granella	+	*Attagenus* spp.			12
Tribolium spp.	+	*Attagenus* spp.			9
Tribolium castaneum	+	*Tribolium confusum*			5
Tribolium castaneum	+	*Nemapogon granella*			4
Tenebrio molitor	+	*Tribolium confusum*			4
Tenebrio molitor	+	*Tribolium castaneum*			4
Tribolium confusum	+	*Nemapogon granella*			3
Tenebrio molitor	+	*Attagenus* spp.	+	*Nemapogon granella*	34
Tenebrio molitor	+	*Attagenus* spp.	+	*Tribolium confusum*	11
Tribolium castaneum	+	*Attagenus* spp.	+	*Tribolium confusum*	10
Nemapogon granella	+	*Attagenus* spp.	+	*Tribolium confusum*	10
Nemapogon granella	+	*Attagenus* spp.	+	*Tribolium castaneum*	9
Tenebrio molitor	+	*Attagenus* spp.	+	*Tribolium castaneum*	7
Tenebrio molitor	+	*Nemapogon granella*	+	*Tribolium castaneum*	7
Tribolium confusum	+	*Nemapogon granella*	+	*Tribolium castaneum*	5
Tribolium confusum	+	*Nemapogon granella*	+	*Tenebrio molitor*	4
Tribolium confusum	+	*Tenebrio molitor*	+	*Tribolium castaneum*	3

* Les taux sont établis par rapport au total des associations entre 2 ($n = 486$) et 3 ($n = 122$) arthropodes; $n =$ nombre d'arthropodes.

Tableau 30. Fréquence des associations entre les arthropodes les plus répandus dans les minoteries de l'Ontario (1969–1981)

Type d'arthropode					Fréquence des associations (%*)
Tribolium confusum	+	*Attagenus* spp.			27
Tribolium confusum	+	*Gibbium psylloides*			27
Tribolium castaneum	+	*Attagenus* spp.			14
Tribolium castaneum	+	*Gibbium psylloides*			9
Tribolium spp.	+	*Attagenus* spp.			7
Gibbium psylloides	+	*Attagenus* spp.			6
Tribolium castaneum	+	*Tribolium confusum*			4
Tribolium spp.	+	*Gibbium psylloides*			4
Tribolium castaneum	+	*Tribolium* spp.			1
Tribolium confusum	+	*Attagenus* spp.	+	*Gibbium psylloides*	60
Tribolium confusum	+	*Attagenus* spp.	+	*Tribolium castaneum*	20
Tribolium castaneum	+	*Tribolium* spp.	+	*Gibbium psylloides*	20

* Les taux sont établis par rapport au total des associations entre 2 ($n=70$) ou 3 ($n=5$) arthropodes; $n=$ nombre d'arthropodes.

Tableau 31. Fréquence des associations entre les arthropodes les plus répandus dans les minoteries du Québec (1969–1981)

Type d'arthropode					Fréquence des associations (%*)
Tribolium castaneum	+	*Sitophilus oryzae*			14
Tenebrio molitor	+	*Attagenus* spp.			14
Tribolium castaneum	+	*Sitophilus granarius*			12
Tenebrio molitor	+	*Sitophilus granarius*			12
Tenebrio molitor	+	*Tribolium castaneum*			10
Attagenus spp.	+	*Sitophilus granarius*			10
Attagenus spp.	+	*Tribolium castaneum*			8
Tenebrio molitor	+	*Sitophilus oryzae*			8
Sitophilus granarius	+	*Sitophilus oryzae*			6
Attagenus spp.	+	*Sitophilus oryzae*			6
Attagenus spp.	+	*Tenebrio molitor*	+	*Sitophilus granarius*	17
Tribolium castaneum	+	*Sitophilus oryzae*	+	*Sitophilus granarius*	11
Tribolium castaneum	+	*Tenebrio molitor*	+	*Sitophilus granarius*	11
Tribolium castaneum	+	*Attagenus* spp.	+	*Sitophilus oryzae*	11
Tribolium castaneum	+	*Tenebrio molitor*	+	*Sitophilus oryzae*	11
Tribolium castaneum	+	*Tenebrio molitor*	+	*Attagenus* spp.	11
Attagenus spp.	+	*Tenebrio molitor*	+	*Sitophilus oryzae*	11
Tribolium castaneum	+	*Attagenus* spp.	+	*Sitophilus granarius*	6
Attagenus spp.	+	*Sitophilus oryzae*	+	*Sitophilus granarius*	6
Tenebrio molitor	+	*Sitophilus oryzae*	+	*Sitophilus granarius*	6

* Les taux sont établis par rapport au total des associations entre 2 ($n=50$) et 3 ($n=18$) arthropodes; $n=$ nombre d'arthropodes.

Tableau 32. Fréquence des associations entre les arthropodes les plus répandus dans les minoteries des Maritimes (1969-1981)

Type d'arthropode			Fréquence des associations (%*)
Tribolium spp.	+	*Tribolium destructor*	67
Tribolium spp.	+	*Cryptolestes* spp.	17
Tribolium castaneum	+	*Alphitobius diaperinus*	17

* Les taux sont établis par rapport au total des associations entre 2 ($n = 3$) arthropodes; $n =$ nombre d'arthropodes.

Silos-élévateurs à grains

Colombie-Britannique

Les deux types d'associations de deux insectes les plus fréquemment observées dans les silos-élévateurs à grains terminaux de la Colombie-Britannique regroupaient *Hofmannophilia pseudospretella* et *Endrosis sarcitrella*, dans un cas, et *H. pseudospretella* et *Tenebrio molitor*, dans l'autre (tableau 33). On a signalé trois autres types d'associations à une fréquence de 10-12 % entre *E. sarcitrella* et *T. molitor*, entre *H. pseudospretella* et des *Ptinus* spp. et entre des *Ptinus* spp. et *T. molitor*. Au tableau 33 figurent cinq autres types d'associations moins communes combinant deux espèces ou groupes d'espèces.

Le type d'associations de trois insectes le plus souvent observé regroupait *H. pseudospretella*, *E. sarcitrella* et *T. molitor*; la fréquence de cette association était de 18 %. On a mentionné neuf autres associations du même genre, c'est-à-dire entre des papillons nocturnes et des Coléoptères suivant diverses combinaisons à une fréquence de 5-15 % (tableau 33).

Thunder Bay (Ont.)

L'association de deux arthropodes la plus fréquemment observée (fréquence de 33 %) regroupait *Tenebrio molitor* et des acariens (tableau 34). L'association de *Cryptolestes ferrugineus* et d'acariens, relevée à une fréquence de 17 %, occupait la seconde place. Parmi les associations de deux insectes moins souvent observées figuraient *T. molitor* et *Nemapogon granella*, *T. molitor* et *C. ferrugineus* et enfin *C. ferrugineus* et *N. granella*.

On signale trois types d'associations de trois arthropodes à une fréquence de 25-50 %; ces associations combinent *C. ferrugineus*, des acariens et des Lépidoptères; *C. ferrugineus*, *N. granella* et *T. molitor*; et enfin, *C. ferrugineus*, des acariens et *T. molitor* (tableau 34).

Ontario

L'association de deux types d'arthropodes la plus fréquemment observée (fréquence de 22 %) regroupait *Nemapogon granella* et *Tenebrio molitor* (tableau 35). Au nombre des neuf autres associations du même genre qu'on a signalées moins souvent, quatre groupes ont présenté une fréquence de 11-13 %: des *Attagenus* spp. et *T. molitor*; des acariens et *T. molitor*; *C. ferrugineus* et *T. molitor*; enfin, *C. ferrugineus* et *N. granella*.

L'association de trois arthropodes la plus souvent observée (fréquence de 23 %) regroupait *N. granella*, *T. molitor* et *C. ferrugineus* (tableau 35). Parmi les neuf autres associations du même type qu'on a observées moins souvent, certains groupes ont présenté une fréquence de plus de 10 %: *N. granella*, *T. molitor* et des *Attagenus* spp.; *N. granella*, *T. molitor* et des acariens; et enfin, *C. ferrugineus*, *T. molitor* et des *Attagenus* spp.. Les six

Tableau 33. Fréquence des associations entre les arthropodes les plus répandus dans les silos à grains de la Colombie-Britannique (1969–1981)

Type d'arthropode					Fréquence des associations (%*)
Hofmannophila pseudospretella	+	*Endrosis sarcitrella*			17
Hofmannophila pseudospretella	+	*Tenebrio molitor*			16
Endrosis sarcitrella	+	*Tenebrio molitor*			12
Hofmannophila pseudospretella	+	*Ptinus* spp.			10
Ptinus spp.	+	*Tenebrio molitor*			10
Hofmannophila pseudospretella	+	Lépidoptères spp.			9
Endrosis sarcitrella	+	Lépidoptères spp.			7
Endrosis sarcitrella	+	*Ptinus* spp.			7
Tenebrio molitor	+	Lépidoptères spp.			7
Ptinus spp.	+	Lépidoptères spp.			5
Hofmannophila pseudospretella	+	*Endrosis sarcitrella*	+	*Tenebrio molitor*	18
Hofmannophila pseudospretella	+	*Ptinus* spp.	+	*Tenebrio molitor*	15
Hofmannophila pseudospretella	+	*Endrosis sarcitrella*	+	Lépidoptères spp.	10
Hofmannophila pseudospretella	+	*Endrosis sarcitrella*	+	*Ptinus* spp.	10
Hofmannophila pseudospretella	+	Lépidoptères spp.	+	*Tenebrio molitor*	10
Ptinus spp.	+	*Endrosis sarcitrella*	+	*Tenebrio molitor*	10
Hofmannophila pseudospretella	+	Lépidoptères spp.	+	*Ptinus* spp.	8
Lépidoptères	+	*Endrosis sarcitrella*	+	*Tenebrio molitor*	8
Ptinus spp.	+	Lépidoptères spp.	+	*Tenebrio molitor*	8
Ptinus spp.	+	*Endrosis sarcitrella*	+	Lépidoptères spp.	5

* Les taux sont établis par rapport au total des associations entre 2 ($n = 58$) et 3 ($n = 40$) arthropodes; $n =$ nombre d'arthropodes.

Tableau 34. Fréquence des associations entre les arthropodes les plus répandus dans les silos à grains de Thunder Bay (Ontario) (1969–1981)

Type d'arthropode					Fréquence des associations (%*)
Tenebrio molitor	+	Acariens			33
Cryptolestes ferrugineus	+	Acariens			17
Tenebrio molitor	+	*Nemapogon granella*			11
Tenebrio molitor	+	*Cryptolestes ferrugineus*			11
Lépidoptères	+	Acariens			11
Lépidoptères	+	*Cryptolestes ferrugineus*			11
Cryptolestes ferrugineus	+	*Nemapogon granella*			6
Cryptolestes ferrugineus	+	Acariens	+	Lépidoptères spp.	50
Cryptolestes ferrugineus	+	*Nemapogon granella*	+	*Tenebrio molitor*	25
Cryptolestes ferrugineus	+	Acariens	+	*Tenebrio molitor*	25

* Les taux sont établis par rapport au total des associations entre 2 ($n=18$) et 3 ($n=4$) arthropodes; $n=$ nombre d'arthropodes.

Tableau 35. Fréquence des associations entre les arthropodes les plus répandus dans les silos à grains de l'Ontario (1969–1981)

Type d'arthropode					Fréquence des associations (%*)
Nemapogon granella	+	*Tenebrio molitor*			22
Attagenus spp.	+	*Tenebrio molitor*			13
Acariens	+	*Tenebrio molitor*			13
Cryptolestes ferrugineus	+	*Tenebrio molitor*			12
Cryptolestes ferrugineus	+	*Nemapogon granella*			11
Attagenus spp.	+	*Nemapogon granella*			9
Cryptolestes ferrugineus	+	*Attagenus* spp.			6
Acariens	+	*Cryptolestes ferrugineus*			6
Acariens	+	*Nemapogon granella*			4
Acariens	+	*Attagenus* spp.			4
Nemapogon granella	+	*Tenebrio molitor*	+	*Cryptolestes ferrugineus*	23
Nemapogon granella	+	*Tenebrio molitor*	+	*Attagenus* spp.	19
Nemapogon granella	+	*Tenebrio molitor*	+	Acariens	10
Cryptolestes ferrugineus	+	*Tenebrio molitor*	+	*Attagenus* spp.	10
Nemapogon granella	+	*Cryptolestes ferrugineus*	+	*Attagenus* spp.	8
Cryptolestes ferrugineus	+	*Tenebrio molitor*	+	Acariens	8
Nemapogon granella	+	Acariens	+	*Attagenus* spp.	6
Acariens	+	*Tenebrio molitor*	+	*Attagenus* spp.	6
Nemapogon granella	+	*Cryptolestes ferrugineus*	+	Acariens	4
Acariens	+	*Cryptolestes ferrugineus*	+	*Attagenus* spp.	4

* Les taux sont établis par rapport au total des associations entre 2 ($n = 123$) et 3 ($n = 48$) arthropodes; $n =$ nombre d'arthropodes.

autres associations de trois arthropodes qui restent regroupaient les mêmes espèces, mais selon des combinaisons différentes. Il semble que dans les silos-élévateurs terminaux du sud de l'Ontario l'habitat et les conditions climatiques soient exceptionnellement favorables à la multiplication de plusieurs espèces de Coléoptères, d'acariens ainsi qu'à un papillon nocturne ravageur des denrées entreposées.

Québec

L'association de deux arthropodes la plus fréquemment observée (fréquence de 19 %) regroupait *Tenebrio molitor* et des *Attagenus* spp. (tableau 36). Parmi les neuf autres associations du même genre moins souvent observées, trois groupes ont présenté une fréquence de 10-16 %: *T. molitor* et *Nemapogon granella*, *T. molitor* et *Cryptolestes ferrugineus* et enfin, *T. molitor* et *Sitophilus granarius*. Les deux types d'associations de trois arthropodes les plus communément observées regroupaient *T. molitor*, des *Attagenus* spp. et *N. granella* (fréquence de 15 %) et *T. molitor*, des *Attagenus* spp. et *C. ferrugineus* (fréquence de 14 %).

Provinces Maritimes

L'association de deux arthropodes la plus souvent observée (fréquence de 30 %) regroupait *Nemapogon granella* et *Tenebrio molitor* (tableau 37). Parmi les huit autres associations du même type moins souvent observées, deux groupes ont présenté une fréquence de 11-26 %: *N. granella* et des acariens ainsi que *N. granella* et *Hofmannophila pseudospretella*.

L'association de trois espèces d'arthropodes la plus communément observée (fréquence de 25 %) regroupait *N. granella*, *T. molitor* et des acariens. Parmi les six autres associations du même type moins communément observées, trois groupes ont présenté une fréquence de 17 % ou plus: *N. granella*, *H. pseudospretella* et des acariens; *N. granella*, *T. molitor* et *H. pseudospretella* et enfin, *N. granella*, *C. ferrugineus* et des acariens.

Usines à provendes

Provinces des Prairies

Au tableau 38 on donne la fréquence des associations entre les espèces d'arthropodes les plus souvent observées dans les usines à provendes des provinces des Prairies de 1969 à 1981. Les deux types d'associations entre deux arthropodes les plus fréquemment signalées regroupaient *Tribolium confusum* et *Trogoderma inclusum* (fréquence de 28 %) ainsi que *Tribolium confusum* et des *Attagenus* spp. (fréquence de 22 %). L'association de *Tribolium confusum* et de *T. castaneum*, d'une fréquence de 13 %, venait en troisième position. Parmi les cinq autres associations moins souvent observées, trois sont dignes de mention: *Trogoderma inclusum* et des *Attagenus* spp., *T. inclusum* et *Tribolium castaneum* et enfin, *T. castaneum* et des *Attagenus* spp.

Des infestations multiples regroupant trois espèces d'insectes ont été signalées avec une fréquence de 23 %; il s'agit des associations entre *Tribolium confusum*, *Trogoderma inclusum* et des *Attagenus* spp.; entre *Tribolium confusum*, *Trogoderma inclusum* et *Tribolium castaneum*; entre *Tribolium confusum*, des *Attagenus* spp. et *Tribolium castaneum*; et enfin, entre *Trogoderma inclusum*, des *Attagenus* spp. et *Tribolium castaneum* (tableau 38). Dans la zone à climat continental tempéré des provinces des Prairies, le milieu en général, de même que les micro-milieux que constituent les usines à provendes, sont probablement propices au développement et à la multiplication des ravageurs des genres *Tribolium*, *Trogoderma* et *Attagenus*.

Tableau 36. Fréquence des associations entre les arthropodes les plus répandus dans les silos à grains du Québec (1969–1981)

Type d'arthropode					Fréquence des associations (%*)
Tenebrio molitor	+	*Attagenus* spp.			19
Tenebrio molitor	+	*Nemapogon granella*			16
Tenebrio molitor	+	*Cryptolestes ferrugineus*			11
Tenebrio molitor	+	*Sitophilus granarius*			10
Attagenus spp.	+	*Nemapogon granella*			8
Cryptolestes ferrugineus	+	*Nemapogon granella*			8
Attagenus spp.	+	*Cryptolestes ferrugineus*			8
Attagenus spp.	+	*Sitophilus granarius*			7
Sitophilus granarius	+	*Nemapogon granella*			6
Sitophilus granarius	+	*Cryptolestes ferrugineus*			6
Tenebrio molitor	+	*Attagenus* spp.	+	*Nemapogon granella*	15
Tenebrio molitor	+	*Attagenus* spp.	+	*Cryptolestes ferrugineus*	14
Tenebrio molitor	+	*Attagenus* spp.	+	*Sitophilus granarius*	12
Tenebrio molitor	+	*Cryptolestes ferrugineus*	+	*Nemapogon granella*	12
Tenebrio molitor	+	*Sitophilus granarius*	+	*Nemapogon granella*	9
Tenebrio molitor	+	*Cryptolestes ferrugineus*	+	*Sitophilus granarius*	9
Cryptolestes ferrugineus	+	*Attagenus* spp.	+	*Nemapogon granella*	9
Sitophilus granarius	+	*Attagenus* spp.	+	*Nemapogon granella*	7
Cryptolestes ferrugineus	+	*Sitophilus granarius*	+	*Nemapogon granella*	7
Cryptolestes ferrugineus	+	*Attagenus* spp.	+	*Sitophilus granarius*	6

* Les taux sont établis par rapport au total des associations entre 2 ($n = 261$) et 3 ($n = 124$) arthropodes; $n =$ nombre d'arthropodes

Tableau 37. Fréquence des associations entre les arthropodes les plus répandus dans les silos à grains des Maritimes (1969–1981)

Type d'arthropode					Fréquence des associations (%*)
Nemapogon granella	+	*Tenebrio molitor*			30
Nemapogon granella	+	Acariens			26
Nemapogon granella	+	*Hofmannophila pseudospretella*			11
Acariens	+	*Tenebrio molitor*			8
Acariens	+	*Hofmannophila pseudospretella*			7
Acariens	+	*Cryptolestes ferrugineus*			6
Nemapogon granella	+	*Cryptolestes ferrugineus*			5
Hofmannophila pseudospretella	+	*Tenebrio molitor*			5
Cryptolestes ferrugineus	+	*Tenebrio molitor*			2
Nemapogon granella	+	*Tenebrio molitor*	+	Acariens	25
Nemapogon granella	+	*Hofmannophila pseudospretella*	+	Acariens	21
Nemapogon granella	+	*Tenebrio molitor*	+	*Hofmannophila pseudospretella*	17
Nemapogon granella	+	*Cryptolestes ferrugineus*	+	Acariens	17
Nemapogon granella	+	*Tenebrio molitor*	+	*Cryptolestes ferrugineus*	8
Cryptolestes ferrugineus	+	*Tenebrio molitor*	+	Acariens	8
Hofmannophila pseudospretella	+	*Tenebrio molitor*	+	Acariens	4

* Les taux sont établis par rapport au total des associations entre 2 ($n=84$) et 3 ($n=24$) arthropodes; $n=$ nombre d'arthropodes.

Tableau 38. Fréquence des associations entre les arthropodes les plus répandus dans les usines à provendes des provinces des Prairies (1969–1981)

Type d'arthropode					Fréquence des associations (%*)
Tribolium confusum	+	*Trogoderma inclusum*			28
Tribolium confusum	+	*Attagenus* spp.			22
Tribolium confusum	+	*Tribolium castaneum*			13
Trogoderma inclusum	+	*Attagenus* spp.			9
Trogoderma inclusum	+	*Tribolium castaneum*			9
Tribolium castaneum	+	*Attagenus* spp.			9
Tribolium confusum	+	*Tribolium* spp.			6
Trogoderma inclusum	+	*Tribolium* spp.			3
Tribolium confusum	+	*Trogoderma inclusum*	+	*Attagenus* spp.	23
Tribolium confusum	+	*Trogoderma inclusum*	+	*Tribolium castaneum*	23
Tribolium confusum	+	*Attagenus* spp.	+	*Tribolium castaneum*	23
Trogoderma inclusum	+	*Attagenus* spp.	+	*Tribolium castaneum*	23
Trogoderma inclusum	+	*Tribolium* spp.	+	*Tribolium confusum*	8

* Les taux sont établis par rapport au total des associations entre 2 ($n=32$) et 3 ($n=13$) arthropodes; $n=$ nombre d'arthropodes.

CHAPITRE 10 ANALYSE DE L'UTILISATION DES PESTICIDES

L'utilisation qu'on fait des pesticides dans les élévateurs de tête de ligne, les minoteries, les usines à provendes et autres installations de traitement des céréales donne une bonne idée des infestations qui se produisent dans l'ensemble du système de traitement du grain. Nous avons communiqué avec le personnel technique de ces installations d'entreposage et de traitement afin de connaître la nature et l'efficacité des méthodes de désinfestation utilisées. Les résultats de cette enquête ont été regroupés sous forme de tableaux pour déterminer quels sont les principaux problèmes liés aux activités de lutte contre les ravageurs réalisées dans le but de se conformer aux conditions nécessaires à la délivrance des certificats phytosanitaires par la Division des pesticides de la Direction générale de la production et de l'inspection des aliments à Agriculture Canada. Dans certains pays, on exige ces certificats pour s'assurer que les produits d'importation ont été fabriqués ou traités dans des installations essentiellement exemptes d'infestation. De 1975 à 1980, les traitements aux pesticides ont été plus fréquents que de 1969 à 1974 (tableau 39), ce qui indique qu'on a accordé une plus grande importance à la désinfestation dans l'industrie des produits céréaliers.

Silos-élévateurs à grains terminaux

Les silos-élévateurs à grains sont inspectés moins souvent que les minoteries. Les silos d'entreposage sont les principales installations qui nécessitent un traitement; habituellement, ils sont désinfestés par fumigation au phosphine (tableaux 39 à 41). Ces traitements sont exécutés par des employés dûment formés ou par des exterminateurs; ces derniers s'occupent également d'éliminer les vertébrés nuisibles. On applique du malathion et de la pyréthrine additionnée d'un synergique sous forme de vaporisation ou de brouillard pour éliminer les Coléoptères et les papillons nocturnes sur les structures ou dans les espaces de travail dans tout le silo-élévateur. Des sept personnes qui nous ont donné des renseignements, deux nous ont indiqué que les insecticides ne donnaient pas de résultats satisfaisants, ce qui vient peut-être du fait que les opérations de désinfestation étaient moins fréquentes dans les silos-élévateurs que dans les minoteries, si bien que le traitement n'était pas efficace. Tous les silos-élévateurs étaient infestés par des souris, des rats ou des oiseaux.

Minoteries

La plupart des minoteries sont inspectées tous les jours ou toutes les semaines par des préposés dûment formés en matière d'extermination. Toutes les parties de la minoterie, la machinerie, les becs verseurs et les convoyeurs doivent être désinfestés par des traitements chimiques, habituellement une fois par mois. Le Dawson 73 (70 % de dibromure d'éthylène et 30 % de

Tableau 39. Nombre de rapports (*n*) signalant l'utilisation des insecticides dans les silos à grains (*n* = 7), les minoteries (*n* = 17), et les usines à provendes (*n* = 8) au Canada (1969–1980)

Pesticide	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	Total
							Silos à grains						
Malathion	1	1	1	0	1	1	6	6	9	16	35	29	106
Phosphine	0	0	2	0	3	3	5	6	0	4	4	10	37
Indéterminé*	4	11	8	5	40	45	39	43	43	26	37	32	333
							Minoteries						
Malathion	0	0	0	0	1	0	0	2	2	5	18	8	36
Phosphine	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	4
Indéterminé*	—	4	6	8	35	47	49	49	48	66	72	76	460
							Usines à provendes						
Malathion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	4	13
Phosphine	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
Indéterminé*	—	—	—	—	—	13	12	13	10	23	22	40	133

* Catégorie comprenant les produits de fumigation comme le BE-BM et le EB15 et les insecticides en vaporisations ou en brouillards à base de pyréthrines ou de dichlorvos, appliqués suivant les recommandations du fabricant.

Tableau 40. Nombre de traitements aux insecticides effectués dans les silos à grains, les minoteries et les usines à provendes au Canada selon la gravité des infestations de 1969 à 1980

Pesticide	Gravité de l'infestation (Nbre. d'insectes observés par inspection)				
	1–2	3–5	6–10	10+	Total
	Silos à grains				
Malathion	87	61	18	60	226
Phosphine	79	26	17	20	142
Indéterminé*	232	131	74	146	583
	Minoteries				
Malathion	45	21	7	8	81
Phosphine	6	7	3	6	22
Indéterminé*	245	185	76	117	623
	Usines à provendes				
Malathion	25	15	2	16	58
Phosphine	5	3	3	9	20
Indéterminé*	62	46	34	37	179

* Catégorie comprenant les produits employés pour les fumigations localisées comme le BE-BM le EB15 et les insecticides en vaporations ou en brouillards à base de pyréthrines ou de dichlorovos, appliqués suivant les recommandations du fabricant.

Tableau 41. Pesticides employés contre les 10 espèces d'arthropodes les plus répandus dans les silos à grains, les minoteries et les usines à provendes au Canada (1969–1980)

Type d'arthropodes	Pesticide		
	Malathion (%)	Phosphine (%)	Indéterminé* (%)
	Silos à grains		
Tenebrio molitor	18.4	13.4	18.4
Nemapogon granella	11.8	12.7	11.7
Attagenus spp.	5.3	6.3	13.4
Cryptolestes ferrugineus	5.3	16.2	5.7
Acariens	6.1	3.5	3.8
Sitophilus granarius	4.4	7.7	4.8
Cryptolestes spp.	2.6	8.5	2.9
Sitophilus oryzae	2.2	3.5	3.4
Pyralis farinalis	5.3	2.1	2.6
Tenebroides mauritanicus	3.1	2.1	3.3
	Minoteries		
Tribolium castaneum	11.1	4.5	37.5
Tribolium confusum	12.3	9.1	10.3
Tribolium spp.	3.7	0	3.7
Attagenus unicolor	6.2	13.6	4.5
Sitophilus granarius	8.6	4.5	5.5
Gibbium psylloides	4.9	4.5	2.1
Tenebrio molitor	6.2	4.5	3.6
Cryptolestes ferrugineus	11.1	13.6	3.1
Cryptolestes spp.	0	0	3.4
Tenebroides mauritanicus	2.5	4.5	2.9

Tableau 41. Pesticides employés contre les 10 espèces d'arthropodes les plus répandus dans les silos à grains, les minoteries et les usines à provendes au Canada (1969-1980) *(suite)*

Type d'arthropodes	Pesticide		
	Malathion (%)	Phosphine (%)	Indéterminé* (%)
	Usines à provendes		
Tribolium castaneum	6.9	10.0	15.1
Tribolium confusum	15.5	10.0	12.8
Attagenus spp.	12.1	10.0	10.1
Nemapogon granella	10.3	15.0	6.1
Cryptolestes ferrugineus	8.6	15.0	6.1
Tenebrio molitor	6.9	5.0	5.0
Oryzaephilus surinamensis	0	0	5.0
Plodia interpunctella	5.2	5.0	3.4
Tribolium spp.	1.7	0	1.7
Tenebroides mauritanicus	3.4	5.0	3.4

* Catégorie comprenant les produits employés pour les fumigations localisées comme le BE-BM, le EB15 et les insecticides en vaporisations ou en brouillards à base de pyréthrines ou de dichlorovos, appliqués suivant les recommandations du fabricant.

bromure de méthyle, en volume) qui sert pour les fumigations localisées, est le produit le plus souvent employé pour désinfester la machinerie et les becs où des céréales s'accumulent et constituent pour les insectes un milieu favorable pour se nourrir et se multiplier (tableaux 39 à 41). On fait également des fumigations au BE 15 (15 % de dibromure d'éthylène et 85 % de tétrachlorure de carbone, en volume).

Les surfaces extérieures de la machinerie, les planchers et les structures intérieures des minoteries sont également infestés par des insectes. On les désinfeste avec du malathion et des pyréthrines additionnées d'un synergique appliqués sous forme de vaporisations ou de brouillards. Selon les techniciens des minoteries, tous les insecticides et produits de fumigation sont efficaces s'ils sont appliqués tous les mois. Une seule minoterie dans les provinces des Prairies a signalé recourir une fois par année à la désinfestation par le froid.

Usines à provendes et autres types d'installations de traitement des céréales

Les installations de cette catégorie, qui comprend les usines à provendes, les minoteries d'avoine et les malteries, sont inspectées tous les jours ou toutes les semaines (tableaux 39 à 41). La plupart des répondants ont indiqué qu'il était nécessaire de traiter chaque mois toutes les parties des installations avec des produits de fumigation ou des insecticides. Dans cinq des huit installations, la désinfestation est réalisée en appliquant un brouillard de malathion ou de pyréthrine additionnée d'un produit synergique. Dans un cas, on a signalé que les insecticides appliqués par les préposés n'ont pas donné de résultats satisfaisants. Dans certaines installations, les employés qui s'occupent de la désinfestation n'ont pas reçu de formation appropriée. Les cellules d'entreposage du grain ou des produits finis constituent les principaux endroits nécessitant des mesures de désinfestation.

Analyse des rapports

Les tableaux 39-41 résument les résultats de l'analyse des rapports d'inspection, l'emploi des pesticides, les ravageurs identifiés et la fréquence des infestations selon la catégorie d'installations et le type d'insecticide appliqué. Aux tableaux 39 et 40, on mentionne les pesticides employés dans les trois catégories d'installations d'entreposage. Les pesticides indéterminés comprennent les produits servant aux fumigations localisées (DBE-BM, BE 15) et les insecticides appliqués en vaporisations et en brouillards, soit les traitements les plus fréquemment employés dans les trois catégories d'installations mentionnées. Au tableau 41, on donne la fréquence des infestations attribuées aux 10 insectes les plus répandus dans chaque type d'installation et on indique le type d'insecticide employé pour les éliminer.

CHAPITRE 11 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES, BIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES DE CERTAINS DES INSECTES QUI INFESTENT LES DENRÉES ENTREPOSÉES

Dans les pages suivantes, nous décrivons en détail les insectes les plus fréquemment signalés (dans chaque catégorie d'installations d'entreposage) lors de l'inspection régulière des céréales, oléagineuses et produits dérivés destinés à l'exportation. Nous donnons aussi la description de *Trogoderma granarium* et de *Tribolium madens*, car au Canada un traitement de quarantaine spécial est prévu pour les produits infestés par ces deux espèces.

Ordre: Coléoptères
Famille: Cucujidés

Ahasverus advena (Waltl)

Synonyme: *Cathartus advena* Waltl
Nom vernaculaire: Cucujide des grains

Importance économique. *Ahasverus advena* est un ravageur secondaire du grain entreposé. Fongivore et granivore, il infeste habituellement les céréales, oléagineuses et autres denrées en décomposition attaquées par les moisissures et contenant beaucoup d'eau. La présence de cet insecte dans les denrées entreposées à la ferme indique que ces dernières commencent à moisir et à se détériorer. *A. advena* gâte les denrées qu'il infeste en y laissant des exuvies, des excréments et des restes durant son développement; il endommage directement et indirectement bien des produits alimentaires à forte teneur en eau. Dans les provinces des Prairies et dans le nord des États-Unis, cet insecte est souvent associé aux « points chauds » dans le grain entreposé à la ferme.

Distribution géographique. *Ahasverus advena* est un insecte cosmopolite; on pense qu'il serait d'abord apparu dans les régions tempérées de l'Amérique du Nord, puis se serait répandu dans les zones tropicales et subtropicales du reste du monde. Il est commun dans les fermes de toutes les provinces canadiennes ainsi que dans le nord et le centre-ouest des États-Unis.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Ahasverus advena* peut hiverner dans le grain humide envahi par les moisissures dans les régions à climat continental tempéré de l'ouest du Canada, du Minnesota, du Dakota du Nord et ailleurs en Amérique. On le trouve aussi dans les régions humides tropicales de l'Afrique, de l'Inde et ailleurs.

Denrées infestées. Bien que cet insecte soit avant tout fongivore, on présume qu'il infeste divers types de denrées dont il se nourrit, surtout si ces denrées ont une forte teneur en eau et si elles sont attaquées par les moisissures. Généralement, on le trouve dans les produits suivants: maïs, blé, orge, avoine et autres céréales et produits céréaliers, copra, cacao, amandes de palme, café, arachides, épices, herbes, racines, haricots, pulpe de pomme, animaux séchés, sorgho, provendes, pulpe d'orange, grain de carthame et tourteau rassis. Il prolifère dans les cultures pures de champignons microscopiques s'attaquant aux graines, dont *Aspergillus amstelodami* (Mangin) Thom et Church, *A. repens* (deBary), *A. conicus* Blochwitz, *A. candidus* Link, *A. chevalieri* (Mangin) Thom et Church, *Penicillium citrinum* Thom, *Cladosporium* sp. et *Alternaria* sp. Les champignons microscopiques vivants ne semblent pas être une composante essentielle de son alimentation, mais ils peuvent la compléter si elle est déficiente. *Ahasverus advena* peut trouver dans les denrées suivantes tous les éléments nutritifs qui lui sont nécessaires pour croître et se multiplier, même en l'absence de champignons microscopiques: germes de blé, flocons d'avoine et levure, flocons d'avoine et germe de blé, farine de blé entier et germes de blé, farine de blé entier et levure. Il se peut que les champignons microscopiques et les levures jouent un rôle essentiel dans son alimentation en décomposant, par des réactions enzymatiques, l'amidon en divers éléments nutritifs qui lui sont essentiels.

Dégâts et signes d'infestation. *Ahasverus advena* se trouve en abondance dans les denrées en décomposition attaquées par des moisissures et qui contiennent beaucoup d'eau. Cet insecte peut donc être considéré comme un indicateur biologique, sa présence signifiant que les denrées sont infestées et risquent de se détériorer gravement par suite de l'attaque des champignons et de l'augmentation de la teneur en acides gras.

Morphologie. Au stade adulte, ce coléoptère robuste a le corps de couleur brune et mesure 2-3 mm de longueur. Ses antennes sont fines et plus courtes que le corps; elles comportent trois segments terminaux plus longs que les autres. Le prothorax porte une grosse dent (incurvée, tubulaire) sur chaque angle apical; le disque est uniformément convexe. Les adultes peuvent voler. Les œufs, de forme allongée et cylindrique, sont blancs et luisants; ils mesurent environ 0,53 mm de longueur et 0,21 mm de largeur. Les larves nouvellement écloses sont blanches. Celles qui sont rendues aux derniers stades sont très actives; leur corps est blanc grisâtre et les derniers segments abdominaux sont d'une teinte plus foncée. La paire de cornes (cerques) à l'extrémité du corps est absente chez tous les stades larvaires. La longueur du corps et la largeur de la capsule céphalique (indiquée entre parenthèses) sont les suivants pour chacun des cinq stades larvaires (I à V): I, 0,81 mm (0,19 mm); II, 1,55 mm (0,26 mm); III, 2,98 mm (0,33 mm); IV, 4,0 mm (0,43 mm); et V, 4,37 mm (0,45 mm). Avant de se transformer en nymphe, la larve se prépare une enveloppe en collant des particules de nourriture, puis elle excrète par l'anus un liquide brunâtre qui la fait adhérer au substrat; elle entre alors dans le stade prénymphal. La nymphe proprement dite a le

corps blanc et translucide et des yeux brun foncé; elle mesure environ 2,2 mm de longueur à maturité.

Ressemblance avec d'autres insectes. *Ahasverus advena* ressemble à première vue à *Cathartus quadricollis* et au cucujide dentelé des grains, *Oryzaephilus surinamensis; A. advena* est cependant plus court et plus trapu que ces deux espèces et il ne porte pas six protubérances en forme de dents de scie sur les côtés du prothorax comme *O. surinamensis*. On le distingue de *Cryptolestes ferrugineus*, avec lequel on le confond souvent, par sa taille plus grande, son corps moins aplati et la présence d'une seule dent arrondie sur chaque pointe du prothorax.

Conditions limites et optimales de multiplication. Le cycle vital de *A. advena* s'accomplit à 25-30 °C et un taux d'humidité relative de 60-100 %. On ignore quelles sont les températures limites du développement et quel est le taux d'accroissement naturel de cette espèce. Les conditions sont optimales, pour le développement de l'oeuf jusqu'au stade adulte, à 27-30 °C et à un taux d'humidité relative de 85-92 %.

Cycle vital. Les oeufs sont pondus séparément (parfois en groupes de deux ou trois). À 27 °C et à 75 % d'humidité relative, une femelle peut pondre en moyenne 1,46 oeufs par jour, soit 100-300 oeufs en 135 jours. Les oeufs éclosent 4 jours après la ponte. Il y a quatre ou cinq stades larvaires; au total, ils durent de 11 à 19 jours. La durée moyenne (en jours) de chacun d'entre eux se lit comme suit: I, 3,6; II, 2,4; III, 2,4; IV, 2,2; et V, 2,2. Une période prénymphale de 1-2 jours précède le stade nymphal proprement dit, qui lui, dure 3-5 jours. Le cycle vital, depuis la ponte des oeufs jusqu'à l'apparition des adultes, dure de 19-24 jours à 27 °C et à un taux d'humidité relative de 66-92 % chez les populations élevées dans des flocons d'avoine additionnés de levure de bière (95:5 en poids). Chez les populations de *A. advena* élevées dans des cultures de champignons microscopiques incubées à 27 °C et à un taux d'humidité relative de 85 %, le cycle vital varie selon l'espèce de champignon utilisée: il dure 17-20 jours avec *Aspergillus amstelodami*, 22-34 jours avec *A. candidus*, 16-23 jours avec *Penicillium citrinum* et 19-24 jours avec *Cladosporium* sp.

Écologie. Dans de l'avoine entreposée en vrac au Manitoba, *Ahasverus advena* est apparu en hiver et au printemps dans un « point chaud » naturel où le grain était attaqué par des moisissures et déjà infesté par *Oryzaephilus surinamensis* et *Cryptolestes ferrugineus*. En l'occurrence, il s'agissait d'une étape dans une succession écologique d'insectes, d'acariens et de diverses espèces de la microflore. Le développement de *A. advena* s'est entièrement accompli alors que la température du grain variait de 7 °C à 42 °C, se situant habituellement entre 18 °C et 36 °C, la teneur en eau étant de 15-27 %. La microflore se composait d'organismes des genres *Penicillium*, *Streptomyces*, *Aspergillus*, *Rhizopus* et *Absidia*. En Grande-Bretagne, *A. advena*

peut vivre dans les bâtiments chauffés ainsi que dans des endroits tels que les meules de foin, où le milieu reste chaud à cause de la lente fermentation qui s'y opère. Au Minnesota ainsi que dans les autres grandes régions céréalières des États-Unis, on trouve *A. advena* dans les stocks de grains de maïs durs et moisis entreposés en vrac dans les grands silos métalliques des fermes. En général, le grain qui se détériore de la sorte a été cueilli un an plus tôt et est infesté par *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais*, *Plodia interpunctella*, *Cryptolestes pusillus*, *C. ferrugineus* et des acariens. Comme *A. advena* vole très bien, durant les journées chaudes, il peut se déplacer sans problème d'un entrepôt à l'autre dans les pays tempérés et tropicaux.

Ennemis naturels. Souvent, lorsqu'il abonde dans le grain attaqué par les moisissures, *A. advena* est parasité par deux membres de la famille des Béthylidés, *Cephalonomia waterstoni* (Gahen) et *C. tarsalis* (Ashmead) et chassé par un insecte prédateur, *Xylocoris galactinus* (Fieb.). Ces parasites et prédateurs s'attaquent aux larves de *Ahasverus advena*.

Ordre: Coléoptères
Famille: Cucujidés

Cryptolestes ferrugineus (Stephens)

Synonymes: *Laemophloeus ferrugineus* Stephens, *Laemophloeus testaceus* F.
Nom vernaculaire: Cucujide roux

Importance économique. *Cryptolestes ferrugineus* est un insecte cosmopolite qui infeste les céréales et les oléagineuses brutes et parfois les dérivés de ces produits. Dans les provinces des Prairies, c'est le ravageur le plus répandu et le plus destructeur dans les fermes et les silos-élévateurs où il peut abonder dans certaines conditions. Dans le grain entreposé à haute température au moment de la récolte et laissé en entreposage pendant plusieurs mois ou plusieurs années, *C. ferrugineus* peut pulluler et devenir une des principales causes de chauffage et de détérioration. En général, le grain chauffé a tendance à s'agglutiner, sa teneur en acides gras libres peut s'élever, il peut moisir, germer et perdre son pouvoir germinatif et ses qualités pour la mouture et la panification. Il faut le traiter par fumigation pour le rendre acceptable. Cependant, il arrive souvent que l'infestation passe inaperçue et qu'il y ait contamination des installations d'entreposage et du matériel de transport. Étant donné que *C. ferrugineus* ne peut pénétrer dans les graines de céréales intactes, on le considère dans bien des pays comme un ravageur secondaire qui s'attaque au grain relativement sec.

Distribution géographique. *Cryptolestes ferrugineus* est très répandu tant dans les régions tempérées du monde que dans les pays tropicaux. Dans les zones tropicales et subtropicales de l'Afrique, il s'attaque aux oléagineuses,

aux grains de cacao et aux doliques. En Amérique du Nord, on le voit surtout dans le sud du Canada et dans le nord des États-Unis. On l'a également signalé dans d'autres pays, notamment: Royaume-Uni, Argentine, Brésil, Kenya, Afrique du Sud, Togo, Nigeria, Inde, Birmanie, Australie et U.R.S.S.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Cryptolestes ferrugineus* résiste au froid et peut vivre à un faible taux d'humidité relative. En hiver dans un bâtiment non chauffé, il peut survivre à un froid intense, au Canada, dans le nord des États-Unis et en Angleterre. Dans ce genre d'installations, la température de l'air au-dessus des masses de grain varie de –10 °C à –40 °C, mais certains hivers, dans les espaces intergranulaires du grain en vrac ou ensaché où vit l'insecte, la température se situe entre –5 °C et –10 °C. En raison de cette adaptabilité exceptionnelle au froid, *C. ferrugineus* peut survivre aux hivers rigoureux du Canada et de l'U.R.S.S. Son indice d'adaptabilité s'élève à 570, ce qui le place parmi les premiers des 51 insectes étudiés. Il n'est surpassé que par *Tribolium castaneum* et *Ephestia kuehniella*. *C. ferrugineus* est surtout répandu dans les pays de latitude moyenne, particulièrement dans les régions à climat continental où les étés sont courts et où l'on cultive du blé de printemps, de l'orge et de l'avoine. On a supposé, et les rapports le confirment dans bien des cas, que *C. ferrugineus* ne peut se développer dans du grain récolté par temps chaud et entreposé à 27-35 °C dans un bâtiment non chauffé, à moins que la température mensuelle moyenne du grain soit supérieure à 20 °C pendant au moins trois mois durant l'année.

Denrées infestées. *Cryptolestes ferrugineus* se nourrit presque exclusivement du germe des graines, car il ne peut pénétrer dans les grains intacts. Bien qu'à première vue une masse de grains semble ne contenir que des graines intactes, il y en a toujours dont les enveloppes sont endommagées, ce qui les rend vulnérables aux attaques de ce ravageur. Les grains entiers de seigle, de blé et de millet (dont les enveloppes sont généralement endommagées) sont les meilleures sources de nourriture pour cet insecte. Parmi les autres types de denrées qu'il infeste, citons les suivantes: légumineuses, cacao, riz, son de riz, produits céréaliers, dérivés de légumineuses, maïs, orge, tournesol, lin, fève soja et millet. En général, il ne se développe pas dans les graines de moutarde, colza ou trèfle, qu'elles soient entières ou broyées. Certains champignons microscopiques s'attaquant aux graines peuvent suffire exclusivement à son alimentation et à son développement; ils appartiennent aux genres suivants: *Alternaria*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Mucor*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Stemphylium* et *Trichothecium*.

Dégâts et signes d'infestation. *Cryptolestes ferrugineus* endommage d'une façon particulière les grains auxquels il s'attaque: en effet, les adultes percent un trou d'aspect caractéristique dans la partie germinative des graines lorsqu'ils en émergent (fig. 24). En examinant le germe de graines attaquées au stéréomicroscope, on peut trouver l'insecte à l'intérieur dans différentes phases de développement, car habituellement il y passe les stades larvaire et nymphal au complet. *C. ferrugineus* exploite très efficacement les ressources

nutritives du germe de blé; lorsque la larve atteint le stade nymphal, elle a pratiquement consommé les six calories que contient le germe, ce qui représente environ 4,8 % de l'énergie totale d'un grain moyen de 126 calories. Dans les stocks en vrac très infestés, on trouve des « points chauds » localisés, le grain s'agglutine, moisit et germe en surface, au-dessus des zones de réchauffement. Dans certains cas, on a trouvé des insectes en grand nombre jusqu'à une température d'environ 42 °C, point au-delà duquel la mortalité est élevée. On pense que les populations de *C. ferrugineus* peuvent produire par leur seul métabolisme suffisamment de chaleur et d'humidité pour générer des « points chauds » par temps froid dans le grain en vrac à condition que la température et la teneur en eau (14 % ou plus) initiales soient favorables. Dans les bâtiments d'entreposage des fermes, lorsque les masses de grains infestés (par *C. ferrugineus* et *Tribolium castaneum* par exemple) présentent des « points chauds », ceux-ci ont généralement la forme d'un cône dont la pointe se trouve au bas de la masse, près du plancher, la base s'élargissant abruptement près de la surface, où l'on voit souvent une couche de grains humides qui ont germé.

Morphologie (fig. 25). Au stade adulte, ce Coléoptère a le corps très plat, rectangulaire, de couleur brun rougeâtre; il mesure de 1,5 à 2,5 mm de longueur et porte de longues antennes tactiles filiformes en V. On le reconnaît aux caractéristiques suivantes: thorax pourvu de crêtes latérales, moyennement ou fortement contracté vers l'arrière; antennes mesurant environ la moitié de la longueur du corps, le segment terminal ne mesurant en longueur pas plus de deux fois la largeur; petites ponctuations disséminées sur la tête et le thorax; dent externe arrondie sur la face inférieure de chaque mandibule, près de la base, chez le mâle seulement. Les oeufs sont blancs, presque translucides; de forme allongée, ils mesurent environ 0,76 mm de longueur (variation de 0,68 à 0,81 mm) et environ 0,23 mm de largeur (variation de 0,20 à 0,30 mm). La larve est mince et longue (environ 3 mm à maturité); son corps plat est blanc ou jaune paille et légèrement plus large dans la moitié postérieure qui porte deux minces cornicules de couleur foncée (urogomphes). La nymphe, qui mesure environ 2 mm de longueur, est translucide; de couleur blanche au début, elle devient foncée avant le stade adulte. Elle est souvent enveloppée dans un cocon de soie peu résistant.

Ressemblance avec d'autres insectes. En Amérique du Nord, *Cryptolestes ferrugineus* est parfois confondu au stade adulte avec deux autres espèces du genre *Cryptolestes*: *C. pusillus* et *C. turcicus*. Les caractéristiques suivantes permettent de distinguer ces trois espèces:

Chez *C. turcicus* les antennes du mâle sont plus longues que celles de la femelle, presque aussi longues que le corps. Le mâle ne porte pas de dent à la base de la mandibule. Le pronotum est carré ou légèrement plus étroit vers l'arrière, angles postérieurs bien visibles. Une suture clypéofrontale protubérante se trouve près des pièces buccales. Chez le mâle, l'apodème du 9e segment n'atteint pas le 1er segment abdominal. La *bursa copulatrix* de la femelle a une forme sinueuse.

Chez *C. pusillus* les antennes et les mandibules du mâle présentent les mêmes caractéristiques que chez *C. turcicus*. Le pronotum n'est pas carré, sauf chez les petits spécimens; il est une fois et demie plus large que long. Une suture clypéofrontale protubérante se trouve dans la partie éloignée des pièces buccales. Les élytres sont plus courtes par rapport au reste du corps. Chez le mâle, sclérite accessoire des organes génitaux ayant la forme d'un croissant; les lobes postérieurs du pénis ne sont pas scléritisés. La *bursa copulatrix* de la femelle a une forme spiralée.

Chez *C. ferrugineus* les antennes du mâle sont de la même longueur que celles de la femelle, environ la moitié de la longueur du corps. On remarque la présence d'une dent à la base de la mandibule chez le mâle. Le pronotum présentent dans angles bien visibles à l'arrière; la partie postérieure est légèrement plus étroite que la partie antérieure. Une suture clypéofrontale protubérante se trouve près des pièces buccales. La tête et le pronotum portent de fines ponctuations disséminées. Chez le mâle, sclérite accessoire des organes génitaux ayant la forme de deux croissants; les lobes postérieurs du pénis sont fortement scléritisés et associés aux sclérites accessoires. La *bursa copulatrix* de la femelle a une forme semi-circulaire.

Conditions limites et optimales de multiplication. *Cryptolestes ferrugineus* peut se développer et se multiplier entre 20 °C et 40 °C à un taux d'humidité relative de 40-95 %. En conditions optimales, la température est de 32-35 °C et le taux d'humidité relative, de 70-90 %. Le taux d'accroissement maximal est de 60 fois en 28 jours. Les spécimens bien acclimatés peuvent survivre par temps froid (– 12 °C) et relativement sec (HR de 10 %).

Cycle vital. La femelle commence à pondre environ 1 ou 2 jours après l'accouplement. Les œufs sont déposés sur les grains ou dans les fissures qu'ils comportent, dans les espaces intergranulaires ou dans la poussière de grain; à 35 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %, une femelle peut pondre jusqu'à 423 œufs, habituellement toutefois, la ponte est moins nombreuse. En moyenne une femelle pond environ six œufs par jour. On a mesuré la durée moyenne (et les limites de variation) en jours pour chaque stade de développement à 32 °C et à un taux d'humidité relative de 60-90 %: œuf, 3,8 (3,6-3,9); 1er stade larvaire, 4,1 (3,3-5,1); 2e stade larvaire, 3,0 (2,4-3,6); 3e stade larvaire, 3,5 (2,7-4,0); 4e stade larvaire, 6,8 (6,4-7,5); nymphe, 4,3 (4,0-4,5); de l'œuf à l'adulte, 25,37 (23,0-27,5). La durée totale de développement, de l'œuf jusqu'au stade d'adulte, à un taux d'humidité relative de 75 % est de 21 jours à 38 °C, 20 jours à 32 °C, 27 jours à 27 °C et 94 jours à 21 °C. La viabilité des œufs est de 85 % ou plus entre 22 °C et 38 °C, mais elle baisse à environ 50 % à 40 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %. La longévité des adultes des deux sexes augmente lorsque la température baisse. Ainsi, un mâle vit en moyenne 180 jours à 21 °C et 93 jours à 32 °C, tandis qu'une femelle vit 214 jours à 21 °C et 134 jours à 32 °C. Bien qu'il soit avant tout granivore et qu'il se multiplie de préférence dans le blé et le seigle, *Cryptolestes ferrugineus* peut assurer son développement avec au moins 10 espèces de champignons microscopiques poussant sur des graines.

À 33 °C et un taux d'humidité relative de 75 %, le développement, depuis l'œuf jusqu'au stade adulte, dure 22 jours avec *Tricothecium roseum* Link et 34 jours avec *Fusarium moniliforme* Sheld.; cette période dure 23 jours sur des provendes à base de blé employées comme témoin.

Écologie. La distribution de *Cryptolestes ferrugineus* dans la masse de grain dépend de ses besoins alimentaires et des nécessités de la ponte; les insectes s'assemblent là où se forment des poches de grain mou et endommagé. En deuxième lieu, la distribution dépend de la température: ainsi, on a constaté que 2 % des insectes adultes sont actifs à 15 °C et 75 % à 25 °C. L'humidité est un facteur négligeable. Dans le blé, *C. ferrugineus* se rend de préférence dans les parties infectées par certains champignons, par exemple *Penicillium corymbiferum* Corda. Lorsque le grain est soumis à des perturbations mécaniques brusques et répétées, par exemple si on le jette, qu'il soit en vrac ou ensaché, d'une hauteur de 14 m, beaucoup d'insectes (jusqu'à 43 %) meurent.

C. ferrugineus se déplace rapidement lorsque les journées sont chaudes et peut voler lorsque la température de l'air dépasse 23 °C. Ainsi, lorsque les récoltes sont exceptionnelles, dans l'ouest du Canada, le fait de laisser des tas de grains sur le sol favorise considérablement les infestations de *C. ferrugineus*.

Les masses de grain infestées par *C. ferrugineus* commencent à se réchauffer (jusqu'à 42 °C) lorsque les insectes adultes s'assemblent dans les poches sèches qu'elles contiennent et se multiplient rapidement. Par leur respiration, les larves en croissance génèrent de la chaleur, ce qui est favorable à leur développement ainsi qu'à la reproduction des adultes. La température du grain monte graduellement, l'eau produite par les insectes humidifie la masse, il se forme des croûtes et les moisissures (qui génèrent également de la chaleur et de l'eau) se développent rapidement. Dans les cas graves, le grain germe à la surface de la masse. Lorsque la partie supérieure de la masse de grain est exposée au froid (sous zéro) en hiver, les courants de convection d'air humide qui se produisent à l'intérieur provoquent une forte accumulation d'humidité en surface. La période de réchauffement du grain se prolonge pendant plusieurs mois et les dégâts causés par les insectes et les moisissures surviennent surtout dans la dernière partie de cette période. Par la suite, des insectes (*Ahasverus*, par exemple), des acariens (*Acarus*, par exemple) et des bactéries envahissent la masse de grain chauffée. Lorsque les premiers signes d'infestation se manifestent, c'est-à-dire lorsque le grain est chauffé, prend en pain et que des graines germent à la surface, les dégâts sont déjà faits. Au printemps, les insectes quittent les points d'infestation surpeuplés et se disséminent dans les masses de grain voisines. Les insectes et les acariens n'infestent habituellement que les 30 premiers centimètres de grain à la surface de la masse, mais les moisissures peuvent traverser complètement la masse de grain en partant du plancher pour se rendre jusqu'en surface.

L'apparition d'un « point chaud » dans une masse de grain résulte d'un processus complexe mettant en jeu diverses variables. On a effectué l'analyse par composante principale des caractéristiques physiques, chimiques et

biologiques d'une masse d'avoine en vrac de 46 tonnes métriques entreposée dans une ferme au Manitoba et infestée principalement par *C. ferrugineus* et *Oryzaephilus surinamensis*; l'étude, qui suivait le développement d'un « point chaud » depuis son apparition, a révélé qu'il se produisait des interactions successives entre plusieurs groupes d'insectes, de champignons microscopiques et d'acariens distincts: le premier groupe (le groupe-clé) comportait deux insectes des genres *Oryzaephilus* et *Cryptolestes* et le champignon microscopique *Penicillium* qui s'attaque au grain après la récolte; le deuxième groupe se composait de champignons appartenant aux genres *Alternaria* et *Acremoniella*, deux espèces envahissant le grain avant la récolte; enfin, le troisième groupe comportait des insectes (*Ahasvarus*) et des acariens (*Acarus*, *Lepidoglyphus*) fongivores ainsi que d'autres arthropodes prédateurs et nécrophages. L'humidité du grain, dont la teneur en eau dépassait 15 %, et la chaleur générée par le métabolisme des arthropodes ont favorisé l'apparition d'un « point chaud » en hiver.

Ennemis naturels. *Cephalonomia waterstoni* Gahan et *C. tarsalis* (Ashmead), (Hyménoptères, famille de Béthylidés) sont les deux plus grands parasites des larves de *Cryptolestes ferrugineus*.

Ordre: Coléoptères
Famille: Cucujidés

Cryptolestes pusillus (Schönherr)

Synonymes: *Laemophloeus pusillus* (Schönherr), *L. minutus* (Olivier), *Cryptolestes minutus* (Olivier), *Cucujus pusillus* Schönherr, *Cucujus testaceus* Stephens
Nom vernaculaire: Cucujide plat

Importance économique. *Cryptolestes pusillus* est au nombre des insectes les plus petits et les répandus parmi les ravageurs des denrées entreposées; il infeste fréquemment des produits céréaliers tels que le maïs, le blé et leurs dérivés dans les régions tropicales, dans l'est du Canada et dans le nord des États-Unis, en particulier au Dakota du Nord et au Minnesota. Il est souvent introduit en Europe dans les produits d'importation. En 1977 et 1978, les insectes du genre *Cryptolestes*, auxquels appartiennent entre autres *C. pusillus* et *C. ferrugineus*, sont arrivés en deuxième place parmi les ravageurs qu'on a trouvés le plus fréquemment dans des échantillons de blé et de maïs prélevés sur des stocks d'exportation dans 79 terminaux portuaires aux États-Unis et au Canada (voie maritime du Saint-Laurent). Au Canada, *C. pusillus* est plus répandu dans le sud de l'Ontario que dans les provinces de l'Ouest. Certaines des infestations attribuées par le passé à cette espèce dans les provinces des Prairies pouvaient en fait être dues à *C. ferrugineus* ou *C. turcicus*; on confond fréquemment *C. pusillus* avec *C. turcicus*. *C. pusillus* ne peut infester le grain sec intact, mais il prospère en tant que ravageur secon-

daire, souvent comme nécrophage, dans le grain humide attaqué par les moisissures préalablement infesté par un insecte granivore primaire tel que *Sitophilus oryzae*. *C. pusillus*, au contraire de *C. turcicus*, est relativement rare dans la machinerie des minoteries, mais on l'a déjà signalé par le passé.

Distribution géographique. *Cryptolestes pusillus* est un insecte cosmopolite. Comme il ressemble beaucoup à deux autres espèces du genre *Cryptolestes*, *C. ferrugineus* et *C. turcicus*, les données recueillies sur sa distribution concernent souvent ce groupe ou une seule espèce. Par conséquent, il se peut que les données publiées par le passé sur la distribution de *C. pusillus* ne soient pas vraiment fidèles à la réalité. Il appert maintenant que *C. pusillus* est plus répandu dans le nord des États-Unis que *C. ferrugineus* qui prédomine au Canada. *C. pusillus* a été signalé dans d'autres pays dont les suivants: Inde, Nigeria, Ouganda, Angleterre, Portugal, Finlande, Japon, Australie, Mexique, Argentine, Birmanie, Philippines, République populaire de Chine, Hong-Kong.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Cryptolestes pusillus*, à la différence de son congénère, *C. ferrugineus* qui résiste bien au froid, est relativement sensible au froid et a besoin de beaucoup d'humidité pour se développer. Il abonde et se multiplie rapidement dans les régions tropicales humides et tempérées chaudes où il infeste principalement les haricots, le manioc, les noix moulues et le maïs; dans les régions plus froides et plus sèches par contre, il s'attaque surtout aux céréales et à leurs dérivés. Il est relativement rare dans les régions tropicales à climat sec. Sous le climat tempéré et frais de l'Angleterre, de l'Irlande et de l'ouest du Canada, il survit rarement aux rigueurs de l'hiver dans les entrepôts non chauffés. À certains stades de son développement (forme adulte et nymphe), il peut vivre par une température de 2 à –0,5 °C pendant 2,5 à 4 jours.

Denrées infestées. *Cryptolestes pusillus* se nourrit de céréales et de produits céréaliers endommagés et s'attaque de préférence à l'embryon des grains. Le blé est probablement la denrée qui lui convient le mieux, mais il infeste également d'autres produits: maïs, orge, amandes de palme, bananes séchées, graines de sésame, bulbes, pulpe de fruits critins, avelines, sagou, pêches, algues, riz, sorgho, riz décortiqué, doliques, tourteau de tournesol, arachides, graines de coton, grains de café, manioc, copra, muscade, farine, grains de cacao et champignons microscopiques s'attaquant au grain. D'une manière typique *C. pusillus* se nourrit du germe des grains qui ont été endommagés par la machinerie au moment de la récolte ou par d'autres insectes durant l'entreposage.

Dégâts et signes d'infestation. Les dégâts que causent *Cryptolestes pusillus* sont souvent d'ordre secondaire, parce que cet insecte ne peut pénétrer dans les grains intacts. Néanmoins, on le considère parfois comme un ravageur primaire du blé et du maïs entreposés, probablement parce qu'une grande

partie des grains sont endommagés durant le transport et l'entreposage (souvent plus de 25 %), les dommages étant dus à la manutention et aux ravageurs primaires.

Morphologie. Au stade adulte, ce coléoptère a le corps oblong et aplati, de couleur brun rougeâtre; il mesure environ 2 mm de long. On peut distinguer les sexes au stade adulte par la longueur des antennes et la forme du prothorax. Les antennes du mâle sont presque aussi longues que son corps, tandis que celles de la femelle mesurent environ 2/3 de la longueur du corps. Le prothorax du mâle est légèrement effilé dans sa partie postérieure, tandis que chez la femelle, il est presque carré. Au stade adulte, *Cryptolestes pusillus* vole sans problème. L'oeuf, de forme ovale, est blanc, translucide et luisant; il mesure de 0,5 à 0,6 mm de longueur et de 0,1 à 0,15 mm de largeur. La surface du chorion est sans relief. Les larves sont blanches; elles ont le corps aplati et allongé, légèrement plus large dans la partie postérieure; la capsule céphalique est bien formée. À l'extrémité postérieure du corps, elles portent deux crochets ou cornes anales. À la fin du quatrième stade larvaire, elles mesurent entre 3,0 et 3,5 mm de longueur. Pour se préparer au stade nymphal, elles se fabriquent un cocon ovoïde résistant composé de fils de soie et de fragments de grains. La nymphe a le corps blanc, semi-translucide et mesure 2 mm de longueur. On peut en déterminer le sexe facilement, car les antennes de la femelle n'atteignent que le prothorax, tandis que celles du mâle vont jusqu'au milieu de l'abdomen.

Ressemblance avec d'autres insectes. Trois espèces du genre *Cryptolestes* se trouvent communément dans les denrées entreposées en Amérique du Nord. On peut les distinguer d'après les caractéristiques suivantes.

Chez l'adulte *C. ferrugineus* la tête porte une crête ou sulcus au-dessus des yeux, mais aucune crête transversale près du rebord postérieur dorsal. Le thorax s'effile dans sa partie postérieure (plus chez le mâle que la femelle). Chez le mâle, les sclérites accessoires des organes génitaux ont la forme de deux croissants et les lobes postérieurs de l'édéage sont très scléritisés. La *bursa copulatrix* de la femelle a une forme semi-circulaire.

Au 4^{e} stade larvaire la bordure postéro-dorsale de la tête est plus fortement émarginée que chez *C. pusillus* ou *C. turcicus*. Les crochets anaux mesurent en longueur à peu près une fois et demie leur largeur combinée. Les crochets anaux de la larve mesurent à peu près le double de leur largeur combinée.

Chez *C. pusillus* la tête porte une crête transversale sur la bordure postéro-dorsale. Vers la partie antérieure, sur la face dorsale par rapport aux yeux, cette crête devient longitudinale, diminuant au-dessus des yeux. Le thorax est plus large que long (chez le mâle il est légèrement effilé dans sa partie postérieure). Les élytres portent quatre rangées d'épines entre les 1ère, 2^{e} et 3^{e} stries. Chez le mâle, les sclérites accessoires des organes génitaux ont la forme d'un croissant et les lobes postérieurs de l'édédage ne sont pas scléritisés. La *bursa copulatrix* de la femelle a une forme spiralée.

Chez *C. turcicus* la tête porte une crête sur la bordure postéro-dorsale. Le thorax est presque carré, mais forme dans la partie postérieure des angles aigus et proéminants (plus chez le mâle que chez la femelle). Les élytres portent trois rangées d'épines entre les 1ère, 2e et 3e stries. Les sclérites accessoires des organes génitaux du mâle ont la forme de deux croissants. L'apodème du 9e segment n'atteint pas le 1er segment abdominal. Les crochets anaux des larves sont deux fois plus longs que leur largeur combinée.

Conditions limites et optimales de multiplication. *Cryptolestes pusillus* peut se développer entre 18 °C et 38 °C, à un taux d'humidité relative se situant entre 45 % et 100 %. Le développement est optimal à 35 °C et à un taux d'humidité relative de 90 %. Le taux d'accroissement maximal est de 10 par période de 28 jours. La ponte atteint un taux maximal à 32,5 °C et à 90 % d'humidité relative.

Cycle vital. Les œufs sont humides; ils sont déposés séparément sur des particules d'aliments libres ou dans les fissures des graines; en général des particules d'aliments y adhèrent. La femelle pond entre 20 et 334 œufs pendant sa vie. La ponte est d'environ 0,5 œufs par jour à 17 °C et de 4,0 œufs par jour à 30 °C. Le nombre d'œufs pondus augmente de façon marquée lorsque l'humidité relative monte de 50 % à 90 %. On a mesuré à 32 °C et à un taux d'humidité relative de 90 % la durée moyenne (en jours) des différents stades du développement, œuf, stades larvaires (L1 – L4), stade nymphal et vie adulte: œuf, 3,5; L_1, 4,0; L_2, 3,6; L_3, 3,3; L_4, 7,0; nymphe, 4,4; développement, depuis l'œuf jusqu'à la forme adulte, 27,3. La longévité moyenne des mâles à un taux d'humidité relative de 90 % varie de 48 semaines à 17,5 °C à 16,1 semaines a 37,5 °C. Pour la femelle, la longévité est de 24,1 semaines à 17,5 °C et de 8,2 semaines à 37,5 °C. Les conditions physiques et la valeur nutritive des aliments dont se nourrissent les insectes influent également sur la durée de leur cycle vital. Par exemple, s'ils sont élevés à 28 °C un taux d'humidité relative de 75 % dans du blé produit en Angleterre, la durée moyenne de leur cycle vital est de 37,1 jours, tandis que dans de la farine produite au Canada, elle est de 43,4 jours. Si les conditions lui sont défavorables, *C. pusillus* peut s'attaquer à ses congénères.

Écologie. *Cryptolestes pusillus* a été trouvé dans du grain entreposé en vrac où sont apparus des « points chauds ». Dans les populations comprenant des formes de divers stades de développement, l'activité intense des larves peut occasionner l'échauffement du grain et une production excessive de bioxyde de carbone. Les infestations graves de plusieurs espèces de *Cryptolestes* concordent souvent avec l'attaque d'autres ravageurs importants. Ainsi, au cours d'un relevé effectué dans 60 fermes céréalières du Queensland en Australie en 1977 et 1978, on a trouvé des espèces du genre *Cryptolestes* dans 39 fermes et dans 15 % des 483 échantillons prélevés; dans 90 % des cas d'infestation par des espèces de *Cryptolestes*, on a trouvé les insectes dans des graines et des provendes entreposées en sacs ou en vrac où abondaient

généralement trois autres ravageurs plus répandus, soit *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*. On a trouvé des *C. pusillus*, *C. ferrugineus* et *C. pusilloides* dans 45,6 %, 28,1 % et 15,8 % des fermes respectivement.

Ennemis naturels. Les larves de *Cryptolestes pusillus* peuvent être attaquées par un prédateur de la famille des Ténébrionidés, *Palorus shikae* Sarup, Chatterji et Menon. Les organismes suivants le parasitent: Sporozoaires, *Mattesia dispora* Naville; Acariens, *Acarophenax* sp.; et Hyménoptères, *Plastanoxus westwoodi* Kieff., et *P. chittendenii* Ashm.

Ordre: Lépidoptères
Famille: Tinéidés

Nemapogon granella (Linnaeus)

Synonyme: *Tinea granella* (Linneaus)
Nom vernaculaire: Fausse-teigne des grains

Importance économique. Ce papillon nocturne peut être un grand ravageur des céréales et plus particulièrement des stocks de blé, d'orge, de maïs et de seigle à forte teneur en eau entreposés dans des élévateurs et des entrepôts. Dans les élévateurs à grains, *N. granella* se trouve dans le soubassement, les fosses, le pied de la structure, les parois des cellules, les déversoirs et les cellules mêmes. Le grain très infesté dégage une odeur anormale; on y voit des filaments de soie enchevêtrés et il se forme à la surface des croûtes et des couches dures de grain humide qui peuvent chauffer; les insectes y laissent également des exuvies et des excréments.

Distribution géographique. *Nemapogon granella* est un ravageur répandu dans les régions tempérées du monde. On le voit souvent dans les pays suivants: Italie, Republique fédérale d'Allemagne, Pologne, Suède, sud de l'U.R.S.S., Grande-Bretagne et autres pays d'Europe, de même que dans l'est du Canada, sur les côtes est et ouest des États-Unis et en Argentine.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Nemapogon granella* est une espèce modérément résistante au froid qui peut se développer par une température de 6,4 °C. Bien que cet insecte soit connu comme ravageur dans les pays à climat froid comme le Canada et l'U.R.S.S., les infestations sont généralement limitées aux zones plus chaudes des régions céréalières de ces pays. Il survit aux rigueurs de l'hiver en hibernant ou en entrant en diapause lorsqu'il est parvenu au terme du développement larvaire. Le froid est cependant nécessaire à sa survie, car dans les cultures conservées à la température de la pièce (20-22 °C) durant l'hiver, les insectes meurent.

Denrées infestées. *Nemapogon granella* se nourrit principalement de graines et infeste, par ordre d'importance décroissante, les céréales suivantes: seigle, blé, orge et avoine. D'autres produits peuvent suffire au développement des larves: maïs, fève soja, riz, amandes, noisettes, noix, arachides, son, graines d'herbacés, trèfle, lin, ergot, fruits séchés, chocolat, champignons, graines de plantes ornementales, fromages à moisissures, bouchons de liège, pruneaux et châtaignes. Les larves qui infestent les graines en dévorent principalement la partie germinative.

Dégâts et signes d'infestation. Dans le grain en vrac, *Nemapogon granella* reste généralement en surface pour se nourrir (5-6 premiers centimètres de la masse de grain). Durant les premiers stades de l'infestation, il est difficile d'en détecter la présence, tant qu'on ne voit pas d'excréments en surface; cependant, lorsque les larves se déplacent de grain en grain en les enroulant les uns aux autres avec des fils de soies, il se forme des agrégats de graines et d'excréments qui dégagent une odeur désagréable. L'apparition de toiles à la surface du grain est un signe caractéristique de la présence de ce papillon nocturne. Souvent, pour se préparer à l'hiver, les chenilles se fabriquent un cocon et s'abritent dans la structure de bois des bâtiments. Leur présence ne peut donc être détectée que par une inspection minutieuse.

Morphologie. L'adulte est un papillon de couleur vive dont les ailes ont une envergure de 9-14 mm. Les ailes antérieures sont gris argenté et portent des bandes transversales brun foncé ainsi qu'une tache sombre; les ailes postérieures sont brunes ou grises et portent de longs poils à la bordure. La larve mesure 7-10 mm de longueur; la tête est brun rouge et le corps, blanc jaunâtre, est couvert de poils courts dispersés. Elle se caractérise par les traits taxonomiques suivants: la suture adfrontale sur la tête atteint le triangle vertical; le front s'étend sur plus des deux tiers du triangle vertical; une verrue préstigmatique à trois soies est présente sur le côté du prothorax; la 4^{e} soie des huit premiers segments abdominaux est située derrière le stigmate et la 5^{e} soie est située en dessous de ce dernier; sur les fausses pattes, on observe une rangée simple de crochets de longueur plus ou moins identique. La chrysalide est enveloppée dans un cocon.

Ressemblance avec d'autres insectes. Les espèces suivantes ressemblent à *Nemapogon granella* (= *Tinea granella*), *Tinea cloacella* Haw., *T. ruricolella* Stainte, *T. infimella* H.-S. et *T. salella* Zacher. On peut toutefois les distinguer d'après les caractères des organes génitaux de chaque sexe.

Conditions limites et optimales de multiplication. Le développement et la multiplication sont possibles entre 7 °C et 27 °C et à un taux d'humidité variant de 65 % à 95 %. Le développement est optimal à environ 25 °C et à un taux d'humidité relative de 90 %. Le plein développement prend habituellement 70 jours. *Nemapogon granella* meurt, quel que soit le stade de développement atteint, lorsque le grain est conservé sous le point de con-

gélation, ou à 48-50 °C pendant une heure. Il n'infeste pas le blé dont la teneur en eau est inférieure à 14 %.

Cycle vital. Les adultes apparaissent vers le milieu de l'été, après avoir passé l'hiver à l'état de larve; l'accouplement a lieu quelques heures plus tard; la ponte commence deux jours après et dure 3-13 jours. Le nombre d'oeufs par femelle varie de 29 à 218, la moyenne étant de 108. Les oeufs sont généralement pondus séparément. Les femelles ne déposent pas plus de deux oeufs sur une même graine; elles pondent également sur les sacs, dans la poussière et les débris. L'adulte vit 14-20 jours et peut survivre pendant 11 jours sans nourriture. La période d'incubation des œufs varie de 4 à 5 jours à 25-27 °C et de 40 à 45 jours, à 11-12 °C. La larve pénètre dans la graine dont elle mange d'abord le germe, puis l'endosperme. On a mesuré en laboratoire la durée des divers stades du développement, oeufs, larve et chrysalide, suivant la température et le taux d'humidité relative; on a obtenu les résultats suivants: 6, 45-58, et 8 jours à 27 °C et à un taux d'humidité relative de 90 %; 6, 64-92, et 8 jours à 27 °C et à un taux d'humidité relative de 65 %; 7, 30-52, et 10 jours à 24-25 °C et à un taux d'humidité relative de 90 %; 12, 50-73, et 15 jours à 17-21 °C et à un taux d'humidité relative de 90 %; enfin, 14, 86 et 25 jours à 15-17 °C et à un taux d'humidité relative de 65 %, respectivement. Le stade de chrysalide dure habituellement 10-12 jours en été et 18-20 jours au printemps. Au Canada et au États-Unis, le cycle vital dure environ 10 semaines; environ deux générations sont produites par année. En Suède, dans les installations d'entreposage, une seule génération complète plus une seconde génération partielle sont habituellement produites en un an; l'insecte passe l'hiver au stade larvaire. Au printemps, les larves sortent du grain et se chrysalident dans des cocons qu'on peut trouver dans les anfractuosités des murs, des planchers et des structures en bois; les adultes apparaissent 2 ou 3 semaines plus tard.

Écologie. *Nemapogon granella* n'est actif que la nuit. Dans les pays à climat tempéré comme l'U.R.S.S., on voit les premiers papillons voler au début du printemps (vers le mois d'avril); l'insecte, qui a passé l'hiver à l'état larvaire, s'est alors chrysalidé en automne ou au printemps. On revoit de nouveau des papillons à la fin de l'été (vers le mois d'août): ils ont été produits par la génération du printemps. Souvent, les larves de la seconde génération dont le développement est avancé passent l'hiver dans un cocon ou sous une toile, à l'abri. Celles dont le développement est peu avancé restent à la surface de la masse de grain et meurent lorsque celui-ci se refroidit avec la venue de l'hiver.

Ennemis naturels. Les larves peuvent être détruites par des parasites naturels, entre autres l'acarien *Pyemotes ventricosus* Newport (Acarina). *N. granella* est également l'hôte des parasites suivants: *Nemeritis canescens* (Grov.), *Chremylus rubiginosus* Nees et *Phygadeuon citinctus* (Geml.).

Ordre: Coléoptères
Famille: Cucujidés

Oryzaephilus surinamensis (Linnaeus)

Noms vernaculaires: Cucujide dentelé des grains, silvain

Importance économique. *Oryzaephilus surinamensis* est parmi les plus communs des ravageurs qui infestent les denrées riches en amidon telles que les céréales et les produits céréaliers conservés dans les élévateurs à grains des fermes, dans les entrepôts et dans les épiceries. On trouve fréquemment cette espèce dans les céréales en vrac sèches (teneur en eau de 14 %), comme l'avoine, où l'on détecte des « points chauds ». Au cours des dernières années, les ravages causés par cet insecte en Angleterre et dans d'autres pays tempérés industrialisés se sont accrus, probablement parce qu'on y emploie de plus en plus la moissonneuse-batteuse qui endommage les graines, et qu'on y pratique davantage le séchage artificiel qui crée dans les installations d'entreposage un micromilieu subtropical. Les grains d'avoine, de blé et d'orge intacts sont à l'abri de cet insecte, à moins qu'ils ne soient humides et tendres. En général, la présence de poussières, de grains brisés et d'impuretés dans le grain chaud, souvent fraîchement récolté, favorise l'infestation. *O. surinamensis* ressemble beaucoup à *O. mercator*, une espèce apparentée qui se nourrit à peu près des mêmes produits, mais qui infeste de préférence les oléagineuses et leurs dérivés tels que les produits du palmier, de la graine de coton et les noix. Cette espèce est plus répandue dans les habitations que dans les installations d'entreposage extérieures.

Distribution géographique. *Oryzaephilus surinamensis* se trouve partout dans le monde; il est répandu dans les régions tempérées ou chaudes. On le range parmi les ravageurs communs du grain et des produits céréaliers au Canada, aux États-Unis, en Angleterre, en Australie, en Asie, en Afrique, en Amérique du Nord et en Amérique du Sud. C'est un grand ravageur du blé, du maïs, du riz et d'autres céréales dans certains pays comme Chypre, la Tchécoslovaquie, la République fédérale d'Allemagne, l'Iraq, Israël, l'Italie, la Suède, le Royaume-Uni et l'Australie. À cause de sa ressemblance avec *O. mercator*, les données recueillies par le passé sur sa distribution portaient parfois sur l'une ou l'autre de ces espèces ou encore sur les deux.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Oryzaephilus surinamensis* résiste au froid et peut vivre à un taux d'humidité relative bas. En Grande-Bretagne et dans certaines régions du Canada, il peut hiverner dans des bâtiments non chauffés. Son indice d'adaptabilité est de 500, tandis qu'il est de 210 pour *O. mercator* et de 570 pour *Tribolium confusum*. En général, *O. surinamensis* est un ravageur très adaptable.

Denrées infestées. *Oryzaephilus surinamensis* se nourrit de diverses denrées riches en amidon, mais surtout de céréales et de produits céréaliers. Il infeste notamment les denrées suivantes: avoine, blé, orge, seigle, sorgho, riz, fruits séchés, aliments pour déjeuner, noix, graines, levure, sucre, tabac, bonbons, viande séchée, maïs, farine de maïs, fécule de maïs, farine, pâtes alimentaires, provendes, son de blé, épices, herbes, cerneaux, graines pour oiseaux, aliments pour chiens, thé et pois. Notons qu'à cause de la grande ressemblance entre *O. surinamensis* et *O. mercator*, des erreurs d'identification se sont produites par le passé en Amérique du Nord et en Europe; il se peut donc que certaines des données ne soient pas fiables. Comme *O. surinamensis* ne peut pénétrer dans les graines intactes et sèches, il s'attaque généralement au grain préalablement infesté par le calandre des grains et le charançon du riz, qui sont des ravageurs primaires du grain intact. On a élevé des populations en les alimentant de grains brisés (blé, avoine et orge) pendant 10 semaines à 27 °C; le nombre des spécimens alimentés à l'avoine et à l'orge s'est multiplié par plus de 10, tandis que les populations alimentées au blé ont augmenté 6-7 fois.

Dégâts et signes d'infestation. Lorsque la surface des produits est rugueuse et tailladée, c'est signe qu'ils sont attaqués par *Oryzaephilus surinamensis*. Si l'on trouve ce ravageur dans une masse de grains entiers, c'est qu'elle a été préalablement infestée par un autre insecte granivore ou qu'elle contient des grains brisés, des graines de mauvaises herbes, des poussières ou d'autres impuretés, car *O. surinamensis* ne peut attaquer les grains intacts. Lorsqu'il infeste des produits céréaliers empaquetés, ces derniers prennent un goût désagréable et deviennent souvent impossibles à vendre. Dans les fermes, le grain entreposé fortement infesté peut chauffer, surtout si c'est de l'avoine. Durant l'hiver, dans le grain en vrac infesté de la sorte, les ravageurs migrent en masse vers la surface au-dessus du « point chaud ».

Morphologie (fig. 26). Au stade adulte, *O. surinamensis* a le corps plat, étroit et brun foncé; il mesure environ 2,5 à 3,0 mm de longueur. Le prothorax (partie du corps située derrière la tête) porte six dents caractéristiques de chaque côté et trois crêtes longitudinales sur la face dorsale. L'adulte est très actif, mais il vole rarement. Les œufs, blancs et luisants, mesurent environ 0,85 mm de longueur, soit trois fois leur largeur. La larve, un ver à six pattes, a le corps blanc (jaune pâle avec des taches plus foncées sur la face dorsale des segments à maturité) et allongé et l'abdomen s'effile en pointe; la tête est brune. À maturité, elle est extrêmement active; elle mesure environ 2,5 mm de longueur. En collant de petites particules d'aliments, elle se fabrique une enveloppe protectrice ou chambre de nymphose à l'intérieur de laquelle elle s'accroche par sa partie postérieure. Elle entre alors dans le stade nymphal pendant lequel elle reste attachée à l'exuvie du dernier stade larvaire. La nymphe porte également six dents de chaque côté du prothorax; elle demeure attachée par sa partie postérieure à la paroi intérieure de son enveloppe.

Ressemblance avec d'autres insectes. *Oryzaephilus surinamensis* ressemble beaucoup à *O. mercator*, mais on peut l'en distinguer d'après la longueur de la « joue » (tempe) et le diamètre vertical des yeux. Les yeux de *O. surinamensis* sont plus petits et ses « joues » sont plus longues et plus arrondies. Les dents que portent ces deux espèces sur le prothorax les distinguent de tous les autres Coléoptères de même type qui infestent les denrées entreposées.

Conditions limites et optimales de multiplication. *Oryzaephilus surinamensis* peut se développer et se reproduire entre 18 °C et 37,5 °C; à 31-34 °C, les conditions sont optimales. Le taux d'humidité relative le plus bas auquel cette espèce peut se multiplier est de 10 %. Le taux d'accroissement maximal par période de 28 jours en conditions optimales est de 50.

Cycle vital. *Oryzaephilus surinamensis* pond ses œufs séparément ou en petits groupes sur des produits alimentaires ou à proximité. Une femelle pond environ 375 œufs durant sa vie. Les œufs éclosent entre 17,5 °C et 40 °C; à 30-40 °C, l'incubation dure de trois à cinq jours. En général, il y a trois stades larvaires, mais leur nombre peut varier de deux à cinq. Le développement larvaire se fait le plus rapidement à 32,5 °C et à un taux d'humidité relative de 90 %. Dans des provendes à base de blé à 30 °C et à un taux d'humidité de 30-70 %, le développement larvaire dure de 12 à 15 jours. Le stade nymphal dure environ une semaine ou plus. Le cycle vital, depuis l'œuf jusqu'à l'apparition de l'adulte, dure 20 jours à 31-35 °C et à un taux d'humidité relative de 65-90 %; il est de 80 jours à 21 °C et à un taux d'humidité relative de 50 %, et de 100 jours à 18 °C et à un taux d'humidité relative de 80 %. L'adulte peut vivre jusqu'à trois ans. Il peut y avoir jusqu'à une génération par mois; aux États-Unis, on compte habituellement de quatre à sept générations par année.

Écologie. *Oryzaephilus surinamensis* est bien adapté pour survivre tant à l'intérieur qu'à l'extérieur dans les régions froides tempérées et dans les zones chaudes tropicales du monde. Les insectes se rassemblent habituellement dans les parties humides et chaudes des masses de grain qu'ils infestent. Trait qui lui est caractéristique, *O. surinamensis* se déplace plus rapidement et d'une manière plus rectiligne que *Tribolium castaneum*, *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica*. *Oryzaephilus surinamensis* est plus actif le soir; un grand nombre de ces insectes montent alors à la surface du grain. Dans le sud de l'Ontario et dans l'ouest du Canada, il profite de la saison chaude des récoltes pour se multiplier rapidement dans le grain entreposé en vrac contenant 12-14 % d'eau et des impuretés, si bien qu'il peut y subsister des « points chauds » tout l'hiver s'il n'y a aucune perturbation. Dans les installations d'entreposage des fermes, les infestations de *O. surinamensis* qui commencent en automne après la récolte sont généralement suivies en hiver d'une forte infestation de *Cryptolestes ferrugineus*. Comme la température et la teneur en eau du grain augmentent par suite de la multiplication de ces

deux espèces, la masse de grain est successivement infestée par des Coléoptères fongivores tels que *Ahasverus* et *Cryptophagus*, des acariens tels que *Kleemannia* et *Acarus*, enfin des microorganismes comme *Penicillium*, *Aspergillus*, *Absidia* et *Streptomyces*. Il se produit soudain une explosion de population au terme de laquelle le nombre des insectes et des acariens s'est à peu près décuplé, puis, habituellement le « point chaud » sèche et refroidit. Les arthropodes infestent seulement les 30 premiers centimètres de la surface du grain, tandis que les microorganismes envahissent toute la masse. Le grain qui se trouve sous le « point chaud » se dessèche durant l'hiver, ce qui limite la migration des arthropodes vers les couches plus profondes. Au printemps, les insectes quittent les points surpeuplés pour se disperser dans les couches chaudes et humides à la surface des masses de grain voisines. L'apparition de « points chauds » par suite d'une infestation de *O. surinamensis* dépend principalement d'une température chaude favorable, et d'une période de reproduction suffisante en automne. *O. surinamensis* est également un ravageur commun du raisin séché dans le bassin de la Méditerrannée, dans le sud de l'Australie et en Californie. Dans le raisin entreposé pendant une année ou plus, il abonde surtout au printemps, mais les populations diminuent considérablement durant les mois chauds de l'année.

Ennemis naturels. L'hémiptère *Xylocoris flavipes* (Reuter) est un prédateur commun des larves de *Oryzaephilus surinamensis*. Il ne limite cependant pas les populations de façon très efficace. *O. surinamensis* est l'hôte reconnu d'au moins deux parasites: *Holepyris sylvanidis* (Brethes) et *Cephalonomia tarsalis* (Ashmead).

Ordre: Lépidoptères
Famille: Pyralidés

Plodia interpunctella (Hübner)

Noms vernaculaires: Pyrale indienne de la farine, teigne des fruits secs

Importance économique. *Plodia interpunctella* est un insecte nuisible et destructeur qui s'attaque aux denrées entreposées et plus particulièrement aux céréales, fruits séchés, arachides et produits alimentaires transformés conservés dans les granges, entrepôts, épiceries, confiseries et habitations dans un grand nombre de pays. Cet insecte est souvent considéré nuisible parce qu'il laisse des toiles, des excréments et des chiures dans les produits qu'il infeste. Au Canada, il peut y avoir des infestations graves dans les grands entrepôts et les élévateurs du sud de l'Ontario et des villes côtières. Aux États-Unis, on le compte parmi les ravageurs les plus répandus et les plus importants du maïs et des arachides entreposés. En Inde, où il cause des infestations brèves et soudaines, il est moins commun que *Ephestia cautella*. En U.R.S.S., c'est un ravageur secondaire des produits céréaliers, mais il s'at-

taque aussi aux fruits séchés et aux herbes médicinales. Dans l'industrie alimentaire, il ravage une grande variété de denrées et de produits de confiserie. Souvent, le grain entreposé en vrac est couvert d'une couche épaisse de fils de soie où s'enchevêtrent chiures et cocons et où rampent de nombreuses larves blanches recouvertes de saletés. En général, le grain de cette couche est complètement gâté.

Distribution géographique. *Plodia interpunctella* est d'abord apparu dans l'ancien monde. Aujourd'hui, c'est un insecte cosmopolite. Comme il infeste de préférence le maïs, il est répandu dans les régions du Canada et des États-Unis où l'on cultive et entrepose cette céréale. On l'a également signalé comme ravageur dans d'autres pays, notamment au Royaume-Uni, en France, en Allemagne, en Suisse, au Japon, en Corée, en Inde et en Australie.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Plodia interpunctella* résiste bien au froid, mais le taux d'humidité relative doit être modérément élevé pour qu'il puisse se développer. Il semble prospérer dans les régions à climat tempéré doux. Il peut survivre aux rigueurs de l'hiver dans des installations d'entreposage non chauffées en Angleterre et dans certaines régions du Canada et des États-Unis. Tous les stades de développement sont détruits au froid dans les conditions suivantes: –3,9 °C à 1,1 °C pendant 90 jours; –6,7 °C à –3,9 °C pendant 28 jours; –9,4 °C à –6,7 °C pendant 8 jours; –12,2 °C à –9,4 °C pendant 5 jours. De même, tous les stades de développement sont détruits à 52 °C pendant 6 heures; à 40 °C, la transformation des chrysalides en adulte est interrompue. *Plodia interpunctella* n'est pas aussi adaptable que certains autres papillons nocturnes communs dans les denrées entreposées. En effet, son indice d'adaptabilité n'est que de 330, tandis qu'il atteint 600 pour *Ephestia kuehniella* et 575 pour *E. cautella*.

Denrées infestées. *Plodia interpunctella* est un ravageur primaire qui infeste non seulement les céréales, les noix et les fruits séchés, mais aussi la plupart des denrées sèches qu'on peut trouver dans une maison ou une épicerie. On peut voir que ses habitudes alimentaires sont très variées d'après le type de denrées où on l'a trouvé: maïs, blé, seigle, orge, riz, millet, avoine, sorgho, flocons d'avoine, arachides, légumineuses et leurs dérivés, haricots, chocolat, friandises à base de noix, biscuits, raisins, pommes séchées, céréales à déjeuner empaquetées, épices, lait en poudre, racines séchées, herbes, insectes morts, pollen de ruches, drogues, foin de luzerne, amandes, tourteau d'écales d'amandes, pain, graines d'alpiste, graines de cantaloup, piments rouges, copra, tourteau de graines de coton, pruneaux secs, ail, rhizomes d'iris, graines de laitue, résidus de viande séchée, provendes, pulpe d'orange, pois, pacanes, grains de poivre, maïs soufflé, graines de citrouille, écales de riz, flocons d'orge, germe de maïs moulu, graines de tournesol, fèves soja, pulpe de betterave à sucre, graines de vesce, noix, noisettes, graines de pastèque, racines de chicorée et germe de blé. Il se nourrit également de certains champignons microscopiques attaquant les graines avant ou après la récolte.

Dégâts et signes d'infestation. Dans les cellules et les élévateurs, *Plodia interpunctella* n'infeste que les 20 premiers centimètres de la masse de grain. Les graines se trouvant en surface sont souvent prises dans un épais réseau de fils de soie où s'enchevêtrent des chiures et des exuvies de larves. Dans les provendes ou autres produits céréaliers ensachés, les larves se déplacent dans toute la masse de produit où elles laissent des toiles et des excréments. On peut voir les cocons de soie blanche qui abritent les chrysalides sur les côtés ou à l'extérieur des sacs infestés. Dans du blé ou d'autres céréales, *P. interpunctella* s'attaque de préférence au germe, puis au son et enfin à l'endosperme de la graine. Les insectes qui infestent les tablettes de chocolat aux amandes et aux noix sont plus attirés par l'odeur de ces amandes et de ces noix grillées que par celle du chocolat lui-même.

Morphologie (fig. 27). Le papillon adulte a une envergure de 13-18 mm. Le motif coloré des ailes antérieures est caractéristique; la base est grise, blanchâtre ou jaune paille et porte quelques taches foncées; l'autre partie est brun rougeâtre (de même que la tête et le thorax) avec des reflets cuivrés et porte des rayures transversales irrégulières d'un gris de plomb plus foncé, à peine visibles. Les ailes postérieures sont blanc grisâtre. Au repos, les ailes sont étroitement repliées en forme de toit suivant l'axe du corps sur lequel sont rabattues les antennes (qui mesurent deux-tiers de la longueur du corps). L'ocuf, de forme ovale et de couleur blanc grisâtre, mesure 0,3-0,5 mm de longueur; sa surface granulaire reflète la lumière en diverses couleurs. La larve du premier stade mesure environ 1 mm de longueur. La larve complètement développée a le corps blanc sale et la tête brun rougeâtre et jaune pâle; elle mesure 10-13 mm de longueur. Selon le genre de nourriture qu'elle consomme, elle est parfois brun rosâtre ou verdâtre. Elle porte de cinq à six ocelles de chaque côté de la tête. Le front s'avance sur un peu plus des deux tiers du triangle vertical. La verrue préstigmatique porte deux soies; les soies III du mésothorax et du 8^{e} des 10 segments abdominaux sont dotées d'un anneau scléritisé. Celles du 1er au 7^{e} segments abdominaux émergent d'un pinaculum indistinct. Chez la larve, on trouve une paire de fausses pattes courtes sur les 3^{e}, 4^{e}, 5^{e}, 6^{e} et 10^{e} segments abdominaux. À maturité, la chrysalide mesure 6-11 mm de longueur; elle a le corps brun clair et luisant, alors que les plus jeunes sont jaune paille. Les chrysalides sont habituellement enveloppées dans un cocon de soie, mais elles sont parfois nues. Les mutants sont fréquents dans les populations de *Plodia interpunctella*; chez une de ces formes le motif coloré normal fait défaut, les ailes antérieures étant d'une teinte foncée uniforme.

Ressemblance avec d'autres insectes. On peut facilement distinguer *P. interpunctella* des autres papillons nocturnes ravageurs des denrées entreposées qui lui sont étroitement apparentés comme *Ephestia kuehniella* et *E. cautella*; en effet, *P. interpunctella* a des palpes horizontaux avec une touffe d'écailles qui forment une sorte de bec conique mesurant à peu près la même longueur que la tête; chez les deux autres espèces mentionnées, les palpes sont dressés.

Conditions limites et optimales de multiplication. *P. interpunctella* peut se développer et se multiplier entre 18 °C et 33 °C approximativement et à un taux d'humidité relative se situant entre 25 % et 95 %; à 26-29 °C et à un taux d'humidité relative de 70-75 %, les conditions sont optimales. Le taux d'accroissement maximal est de 30 fois par période de 28 jours.

Cycle vital. L'accouplement commence une heure après l'apparition des adultes et se déroule habituellement à l'obscurité. La femelle produit une phéromone sexuelle qui attire le mâle et facilite l'accouplement. Une femelle peut pondre 40-400 oeufs (en moyenne 170) qu'elle dépose séparément, en chaîne ou en amas sur des produits dont se nourriront plus tard les larves; habituellement, la ponte se termine dans les quatre jours qui suivent l'accouplement. Les adultes vivent 5-13 jours. Les oeufs éclosent 2-17 jours après la ponte. La période larvaire comprend cinq stades et dure de 13 à 288 jours. La plupart des larves parvenues à maturité se fabriquent un cocon pour se chrysalider. Le stade de chrysalide dure 4-33 jours (en moyenne 15). Le développement depuis l'oeuf jusqu'à la forme adulte, dure environ 26 jours (variation de 24-31 jours) à 30 °C et à un taux d'humidité relative de 70 % et 39 jours (variation de 35-46 jours) à 30 °C et à un taux d'humidité relative de 25 % dans un mélange de provendes à base de blé, de levure et de glycérol (10/1/2). À basse température (au-dessous de 20 °C) et lorsque d'autres facteurs sont défavorables, une partie des larves de certaines souches entrent en diapause, phase de repos précédant le stade de chrysalide, ce qui prolonge la durée de leur cycle vital. Les insectes entrent généralement en diapause dans une des conditions suivantes: obscurité continue ou photopériodes de longueurs différentes, selon la souche géographique, durant le développement larvaire; incubation des oeufs à plus de 30 °C; ou, incubation des larves des derniers stades à 20 °C ou moins. Durant la diapause, la respiration de l'insecte diminue considérablement, si bien que les produits de fumigation qu'on emploie pour les détruire sont habituellement inefficaces. Les adultes qui sortent des cocons abrités dans les denrées ou les anfractuosités des murs et des structures d'entreposage évitent la lumière et restent peu actifs dans les parties faiblement éclairées des bâtiments, s'envolant en zigzag si on les dérange. En général, ils volent depuis le crépuscule jusqu'aux premières heures du jour. On compte de quatre à six générations par année.

Écologie. Dans les bâtiments chauffés, les populations de *Plodia interpunctella* se nourrissent et se multiplient continuellement. Durant les froids de l'hiver, les insectes hivernent à l'état larvaire (ou en diapause) et reprennent leur cycle vital au printemps si les conditions climatiques leur sont favorables. Sur la côte occidentale des États-Unis, où l'on compte 5 générations (dont certaines se chevauchent), il y a deux générations complètes ainsi que deux générations partielles l'été et une génération l'hiver. Dans les cas d'infestation grave, la masse de grain se couvre d'une couche épaisse de toiles de soie produites par les larves qui se nourrissent en dessous. Ce réseau protège les insectes immatures lorsque la température et l'humidité relative sont défavorables et les met à l'abri des attaques d'hyménoptères parasites. Au

Canada, les larves partiellement développées qui résistent au froid passent l'hiver sur les parois, le plafond ou sous le plancher des cellules, ou encore sur la machinerie de manutention. Après la chrysalidation, en été, le premier groupe de papillons adultes apparaît vers le milieu de juin; l'accouplement a lieu et les femelles pondent leurs oeufs. En Ontario et en Colombie-Britannique, il est fréquent que les populations produisent trois générations en été et au début de l'automne. La production d'une nouvelle génération se caractérise par l'abondance des larves, puis par la présence d'un grand nombre de papillons et d'un petit nombre de larves. À la dernière génération, les larves sont extrêmement nombreuses. Lorsque celles-ci sont parvenues à maturité, elles quittent la masse de grain à la recherche d'un endroit pour se chrysalider.

Ennemis naturels. *Bracon hebetor* Say, un petit insecte de la famille des Brachonidés, est l'endoparasite le plus commun de *P. interpunctella*; on le trouve dans la plupart des infestations que provoque celui-ci. Le taux d'accroissement naturel de *Bracon hebetor* est élevé, ce qui assure une régulation efficace de l'hôte et du parasite. Parmi les autres parasites de *P. interpunctella* qui sont connus, mentionnons: *Dibrachys cavus* (Walker), *Ventura canescens* (Grav.), *Microbracon brevicornis* Wesm., *Mesotenus gracilis* Cres., *Horegenes kiehtani* Dier., *Apanteles nephopterícis* Pack, et *Nosema* spp., *P. interpunctella* peut également contracter une granulose virale.

Ordre: Lépidoptères
Famille: Pyralidés

Pyralis farinalis (Linnaeus)

Synonymes: *Pyralis meridionalis* Schmidt
Nom vernaculaire: Pyrale de la farine

Importance économique:. *Pyralis farinalis* infeste le grain en vrac dans les cellules, les élévateurs, les entrepôts et les bateaux; il se nourrit et se multiplie dans le grain et les produits dérivés qui sont humides, endommagés et se détériorent lentement. De façon caractéristique, on le trouve dans les poches de grain moisi. C'est un insecte d'importance secondaire dans les minoteries et les élévateurs à grain, mais parfois, c'est un ravageur primaire dans le grain entreposé dans des endroits frais et humides. Dans les installations d'entreposage, les élévateurs et les minoteries, sa présence signifie habituellement que l'hygiène laisse à désirer et que les mesures de prévention et d'extermination sont insuffisantes. Il est plus répandu dans les silos et les tamis des usines à provendes que dans les installations de mouture des minoteries. Il peut également faire de graves dégâts dans le foin de luzerne et le foin de trèfle.

Distribution géographique. *Pyralis farinalis* est un insecte cosmopolite, mais il est plus répandu dans les régions à climat tempéré que dans les pays tropicaux. On l'a signalé comme ravageur au Canada, aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Bulgarie, en Yougoslavie, en Grèce, en Italie, en Pologne, en U.R.S.S., en Égypte, en Afrique du Sud, aux îles Vierges américaines, en Nouvelle-Zélande, en Australie, au Japon et en Inde.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Pyralis farinalis* est un papillon modérément résistant au froid; il peut hiverner et prospère durant les mois chauds de l'été dans les structures d'entreposage non chauffées des provinces des Prairies et des régions céréalières à climat frais des États-Unis et de l'U.R.S.S. Il est moins bien adapté aux conditions climatiques des régions chaudes.

Denrées infestées. *Pyralis farinalis* se nourrit surtout de produits céréaliers à haute teneur en eau qui moisissent et se décomposent. Les larves se nourrissent de diverses denrées: blé, orge, avoine, maïs, résidus de maïs, pois, haricots, farine, tourteau de haricots, bulbes de fleurs (tulipe par ex.), arachides, racines de chicorée séchée, fruits séchés, pommes de terre, écales d'amandes, résidus de coton égrené, graines de coton, provendes, graines de tournesol et son de blé.

Dégâts et signes d'infestation. *Pyralis farinalis* infeste de préférence le grain et la farine humides moisis en voie de détérioration; il peut faire des graves dégâts dans les produits céréaliers intacts lorsque leur teneur en eau et l'humidité relative de l'air sont élevées. Les larves peuvent réduire de 99 % la masse des grains de blé en dévorant le son, le germe et l'endosperme et en ne laissant que des débris de graines et des toiles en abondance. Les grains intacts ne sont attaqués que s'ils contiennent plus de 22 % d'eau. Les larves peuvent endommager sérieusement les sacs de toile en y découpant des trous par lesquels le grain se déverse. Les vieux stocks de denrées ensachées entreposés dans des endroits humides sont particulièrement vulnérables aux attaques de cet insecte. On peut voir que les larves sont abondantes lorsque l'on trouve de gros agrégats de denrées (habituellement moisies) enchevêtrés dans un épais réseau de toiles. Dans les cellules, il est toujours certain qu'il y a infestation lorsque la surface du grain est couverte de toiles.

Morphologie. Au stade adulte, les ailes antérieures du papillon sont brun foncé (parfois chocolat) et brun clair au milieu; ces zones sont séparées par des lignes ondulées transversales blanches; une rangée de taches noires borde la partie postérieure. Les ailes postérieures, d'un noir de fumée, portent en travers deux fines lignes blanches. Le papillon mesure environ 25 mm (variation de 15-28 mm) d'envergure. Les larves sont gris sale ou blanchâtres; la tête et le premier segment du corps (bouclier prothoracique) sont noirs. La pointe arrière du corps est teintée d'orangé. La larve a les principaux

caractères taxonomiques suivants: front (sur la tête) atteignant un peu moins que la moitié du triangle vertical; suture médiane adfrontale à peu près de même longueur que la suture épicrânienne; quatre ocelles distinctes; verrue préstigmatique porte deux soies; soies dorsales et ventrales des segments abdominaux 1 à 7 n'ont pas de pinaculum distinct; groupe de soies VII du 9e segment abdominal composé de soies isolées; partie postérieure des stigmates abdominaux au moins deux fois plus épaisse que la partie antérieure; crochets biordinaux; grands crochets trois à quatre fois plus longs que les plus petits.

Ressemblance avec d'autres insectes. Bien qu'il appartienne à la même famille que *Plodia interpunctella* et infeste des denrées du même type, *Pyralis farinalis* s'en distingue facilement au stade adulte par sa plus grande taille, la coloration de ses ailes et sa position au repos. En effet, dans cette position, ses ailes forment un triangle et la pointe de l'abdomen est inclinée vers le bas.

Conditions limites et optimales de multiplication. On ignore quelles sont les conditions limites et optimales de multiplication de *Pyralis farinalis*. On sait cependant qu'il se développe et se reproduit sans problèmes à 27-30 °C et à un taux d'humidité relative de 70-80 %.

Cycle vital. Les femelles pondent en moyenne 250 oeufs (variation de 200 à 500) qu'elles déposent dans les denrées nourricières. Pendant son développement, la larve mue et se fabrique des cocons de soie tubulaires et résistants qu'on trouve collés à des grains ou à des agglomérats de particules de nourriture. À maturité, la larve sort de son cocon et s'en fabrique un autre pour la nymphose; il contient lui aussi des particules de nourriture. Au Canada et aux États-Unis, le cycle vital dure 6-8 semaines en été. L'adulte, un papillon, vit 1-3 semaines. En général, il y a une ou deux générations par année en Amérique du Nord. Dans le sud de l'U.R.S.S., il peut y avoir parfois quatre générations par année. L'insecte hiverne au stade larvaire.

Écologie. Dans un endroit humide (par ex. sous-sols et autres endroits frais et humides) contenant des céréales ou des produits céréaliers humides, *Pyralis farinalis* peut se multiplier et engendrer une population nombreuse en peu de temps. Les populations peuvent rester importantes pendant plusieurs saisons si rien ne vient les perturber. Lorsque les insectes s'attaquent à des produits ensachés, on retrouve habituellement des toiles et des denrées près des sacs percés, aux coutures ou aux endroits où ils touchent d'autres sacs. Dans les populations qui produisent deux générations dans le centre-ouest de l'Amérique du Nord, la génération d'été vit peu de temps et celle d'automne se développe plus lentement et doit hiberner.

Ennemis naturels. *Tetrastichus* sp., un membre de la famille des Chalcidés, est le principal ennemi naturel de *P. farinalis*; il parasite les larves et peut

considérablement réduire les populations en milieu naturel. *Pyralis farinalis* est également l'hôte des p asites suivants: *Microbracon (Habrobracon) hebetor* Say, *Metacoelus mansuetor* (Grace) et *Barichneumon anator* (F.).

Ordre: Coléoptères
Famille: Curculionidés

Sitophilus granarius (Linnaeus)

Noms vernaculaires: calandre des grains, charançon du blé

Importance économique. Connu depuis les temps anciens, *Sitophilus granarius* est un ravageur primaire extrêmement domestiqué qui infeste le blé, le seigle, l'orge ainsi que la plupart des autres céréales communes, principalement dans les pays à climat tempéré. Il vit de préférence dans des régions à climat plus frais que *S. oryzae* et *S. zeamais*. Le grain qu'il infeste se détériore, car son poids diminue. Souvent, la détérioration s'aggrave par suite d'une invasion secondaire de champignons microscopiques et de bactéries, ce qui élève la teneur du grain en acides gras libres et provoque parfois un échauffement.

Distribution géographique. *Sitophilus granarius* est un insecte cosmopolite, mais il est surtout répandu en Europe et dans les pays à climat tempéré frais de type méditerranéen (nord de l'Amérique du Nord et de l'U.R.S.S., Europe et Japon). Il est considéré comme le principal ravageur du blé et d'autres céréales à Chypre, en Tchécoslovaquie, en République fédérale d'Allemagne, en Irak, en Italie, au Paraguay, en Pologne, en Afrique du Sud, en Suède et en Espagne. Dans les pays à climat chaud, on le trouve à haute altitude comme c'est le cas dans certaines parties du Kenya, de l'Éthiopie, de l'Afghanistan et du Pakistan. En Amérique du Sud, on le trouve dans les régions les plus froides de l'Argentine et de la Bolivie.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Sitophilus granarius* résiste bien au froid, particulièrement dans les régions où le taux d'humidité relative est élevé durant une partie de l'année. Il infeste le grain dans les régions à climat continental, surtout là où les hivers sont froids sans être rigoureux. L'indice d'adaptabilité de *S. granarius* est de 173, alors que celui de *Cryptolestes ferrugineus* est de 570 et celui de *S. oryzae* est de 275. Après avoir été graduellement acclimaté au froid, *S. granarius* peut se nourrir de grains de blé endommagés à 4,4 °C. Il peut aussi se mouvoir et survivre à 1,7-4,4 °C pendant 111 jours et à − 1,1-1,7 °C pendant 73 jours. Il est bien adapté au climat du sud de l'Ontario (Canada), du centre-ouest de la France et du sud-est de l'Australie.

Denrées infestées. *Sitophilus granarius* se nourrit de céréales entières et notamment des produits suivants: blé, orge, seigle, maïs, sorgho, riz, doliques, glands, châtaignes, graines de tournesol et aliments pour oiseaux. Les denrées solides à base de céréales comme le tourteau de farine servent de nourriture et de substrat pour la ponte des oeufs. En général, cet insecte ne se développe pas dans le millet, les oléagineuses et les légumineuses à l'exception des pois chiches. Les larves ne peuvent s'alimenter ou se développer dans les farines.

Dégâts et signes d'infestation. Les graines endommagées sont percées de petits trous circulaires par lesquels les adultes sortent; tous les stades de maturation se déroulent à l'intérieur du grain. Durant le développement larvaire, *Sitophilus granarius* consomme 30 mg de grain, laissant 6 mg de débris. En cours de développement sur un grain de blé à 30 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %, *S. granarius* consomme 64 % de la graine, détruisant complètement le germe et une bonne partie de l'endosperme. Durant son développement, un insecte consomme à lui seul 79 calories sur les 126 que contient un grain de blé; au cours du stade adulte, qui dure presque 100 jours, il consomme 284 calories. *Sitophilus granarius* peut se reproduire trois ou quatre fois plus rapidement dans du blé et de l'orge entiers que dans de l'avoine entière à 30 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %.

Morphologie (fig. 28). Au stade adulte, ce Coléoptère a le corps luisant; sa couleur varie du brun rougeâtre foncé au noir et il mesure environ 2,5-4,7 mm de longueur. La tête est enfoncée presque jusqu'aux yeux dans le prothorax et s'allonge en un rostre caractéristique. Les antennes (géniculées), brusquement courbées comme un genou fléchi, s'insèrent à la base du rostre. Ce dernier est muni d'une paire de mâchoires puissantes (mandibules). Le dessus du thorax et des élytres est couvert de ponctuations longitudinales profondes qui forment des rangées de dépressions d'où émergent de courtes soies. Les ailes ne sont pas assez développées pour que l'insecte puisse voler. On peut déterminer le sexe d'un adulte d'après le rostre; chez le mâle, il est comparativement plus rugueux, court et large, tandis que chez la femelle, il est plus lisse, allongé et mince; par ailleurs, les 5e et 6e sternites abdominaux du mâle s'inclinent vers le bas, à la différence de ceux de la femelle. L'œuf est jaunâtre et de forme ovale; il mesure 0,6-0,7 mm de longueur et 0,3 mm de largeur. La larve est blanche et apode; elle est compacte, avec un dos protubérant et de profonds plis transversaux sur tout le corps. Le meilleur moyen de différencier les quatre stades larvaires consiste à comparer la largeur de la capsule céphalique, brune; on a mesuré les valeurs moyennes (avec les limites de variation) suivantes: I, 0,25 mm (0,20-0,28); II, 0,35 (0,35-0,39); III, 0,51 (0,42-0,58); et IV, 0,68 (0,60-0,76). À maturité, la larve mesure environ 3-4 mm de longueur. La nymphe est blanche ou brun clair et l'adulte est brun.

Ressemblance avec d'autres insectes. Pour l'observateur inexpérimenté, certaines des espèces de *Sitophilus* qu'on trouve dans le grain entreposé semblent identiques. Toutefois, on peut facilement distinguer les formes adultes de *S. granarius*, *S. oryzae* et *S. zeamais* grâce aux ponctuations sur le thorax: allongées chez *S. granarius*, elles sont arrondies ou irrégulières chez les deux autres espèces. De plus, les quatre taches rougeâtres qui marquent les élytres de *S. oryzae* font défaut chez *S. granarius*; par ailleurs, ces deux insectes feignent la mort lorsqu'on les dérange: ils replient les pattes, se laissent tomber et demeurent immobiles.

Conditions limites et optimales de multiplication. Pour que le développement de *S. granarius* s'accomplisse au complet, il faut une température minimale de 15 °C et un taux d'humidité relative de 50 %; à 26-30 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %, les conditions sont optimales. Le taux de multiplication maximal est de 15 fois par période de 28 jours. Certaines populations (souches australiennes) peuvent vivre et se multiplier à 15 °C; cependant, chez cette espèce, le pouvoir d'accroissement est en corrélation avec la fertilité à la température optimale de 27 °C. Pour détruire complètement *S. granarius* à l'état adulte (stade résistant), il faut compter environ un jour à –15 °C, et 58 jours à 0 °C, lorsque la teneur du grain en eau est d'environ 14 %. Cet insecte peut cependant vivre jusqu'à 100 jours à 0 °C si la teneur du grain en eau est portée à 18 %. *Sitophilus granarius* supporte moins bien que *S. oryzae* de courtes expositions à une température supra-optimale (40 °C) dans un produit dont la teneur en eau est de 13-14 %, sauf lorsqu'il a été acclimaté à 30 °C pendant plusieurs générations.

Cycle vital. La femelle pond ses œufs dans des trous qu'elle a pratiqués dans les graines. Elle pond un seul œuf par graine de blé (2-3 dans les graines de maïs); en retirant son ovipositeur, elle obture l'orifice au moyen d'un liquide collant qui forme un bouchon mucilagineux en durcissant. Une femelle peut pondre entre 100 et 400 œufs durant sa vie. Le développement larvaire, qui comprend quatre stades, se déroule à l'intérieur de la graine et dure 19-34 jours environ. On a mesuré la durée moyenne (en jours) des divers stades immatures à 25 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %: œuf, 4,5-5; stades larvaires au complet, 22-24,5; nymphe, 8-16; adulte immature, 5; stades immatures au complet, 37-43. Après l'émergence, les adultes demeurent à l'intérieur de la graine pendant 5 jours à 25 °C et jusqu'à 80 jours à 12,5 °C. L'âge de la femelle au moment de la ponte influe sur la durée du développement; en effet, plus la femelle est vieille, plus le développement de sa progéniture est long. Lorsque les conditions sont favorables, le cycle vital, depuis la ponte des œufs jusqu'à l'émergence des adultes, dure entre 28 et 43 jours. La durée du cycle vital et le nombre de générations produites par année dépendent de la température et de l'humidité du milieu de reproduction, deux facteurs qui varient suivant la saison. Dans les bâtiments chauffés, les calandres peuvent se reproduire à longueur d'année et il peut y avoir jusqu'à cinq générations par année. On a compté le nombre de générations produites en un an dans diverses parties du monde: sud du Canada et nord

de l'U.R.S.S., 1; sud de l'U.R.S.S., 2; est des États-Unis, 4. On a signalé que *Sitophilus granarius* peut vivre jusqu'à 432 jours, mais dans la plupart des études, on lui donne une longévité d'environ 100 à 182 jours.

Écologie. *Sitophilus granarius* peut induire l'apparition de « points chauds » dans le grain entreposé qu'il infeste; la température peut ainsi atteindre 40 °C, ce qui facilite l'implantation de ravageurs secondaires, soit divers insectes, acariens, champignons s'attaquant au grain après la récolte (*Penicillium, Aspergillus*), et bactéries. Dans le grain en vrac, *S. granarius* peut être le ravageur primaire dominant durant les premiers stades d'une succession d'insectes, se nourrissant voracement et se multipliant rapidement; toutefois, il semble disparaître soudainement une fois que les graines endommagées sont consommées. Bien qu'on le trouve souvent dans le grain moisi, surtout lorsque l'infestation est avancée, on a constaté qu'il s'alimente peu et ne se multiplie pas dans les cultures de champignons qui parasitent communément les graines, à l'exception de *Nigrospora sphaerica* (Sacc.) Mason et de *Curvularia tetramera* (McKenny) Baedijou. La dispersion est principalement induite par les stimulus tactiles (réaction de thigmotaxie); les insectes s'éloignent du grain trop sec. Lors des infestations graves, le surpeuplement force les insectes à remonter près de la surface du grain; ils se déplacent le long des parois, peu affectés par les variations de température et d'humidité relative, du moins dans certaines limites. Les spécimens isolés ont des mouvements irréguliers. Les femelles sont plus actives durant la soirée et ont tendance à remonter vers la surface du grain lorsqu'elles sont dérangées. La présence de champignons n'a pas d'effet sur l'augmentation des populations de *S. granarius*. Souvent, les larves perturbées par des facteurs physiques ne peuvent se développer complètement. Habituellement, la mortalité est de 95 % lorsque le grain tombe d'une hauteur de 14 m comme c'est le cas lorsqu'il est convoyé d'une cellule à l'autre. Dans les minoteries, *S. granarius* n'infeste que le grain des installations de traitement, avant les tamis, car il est essentiel que les graines soient intactes pour la ponte et pour le développement larvaire. En U.R.S.S., *S. granarius* peut se multiplier à longueur d'année dans les bâtiments chauffés et produire jusqu'à cinq générations par année. En conditions naturelles, dans les régions céréalières du sud, on compte deux ou trois générations par année, tandis que dans les régions du centre, on en dénombre une ou deux. Comme *S. granarius* se multiplie de préférence dans un milieu relativement chaud (25-27 °C), sa distribution géographique est limitée à la partie centrale et surtout aux régions du nord de l'U.R.S.S. Les calandres fuient la lumière et supportent à peine le grain très sec (teneur de 8 % ou moins). Dans le grain en vrac, ils s'assemblent dans les parties les plus chaudes de la masse et, si l'entreposage dure longtemps, dans une couche de 1 à 1,5 mètres, en surface. Si l'on remue un peu le grain infesté, les insectes demeurent immobiles. On peut cependant voir s'il sont morts d'après la position de leurs pattes et de leurs antennes: chez les spécimens morts, elles s'étalent sur les côtés.

Ennemis naturels. *Sitophilus granarius* est l'hôte (parasitisme facultatif) de plusieurs parasites tels que *Anisopteromalus calandrae* (Howard), *Choetospila elegans* Westwood, *Dibrachys cavus* (Walker) et *Lariophagus distinguendus* (Foerster).

Ordre: Coléoptères
Famille: Curculionidés

Sitophilus oryzae (Linnaeus)

Synonyme: *Calandra oryzae, Sitophilus sasakii*
Nom vernaculaire: Charançon du riz

Importance économique. *Sitophilus oryzae* est universellement reconnu comme l'un des ravageurs primaires les plus destructeurs des céréales tels le riz, le blé, l'orge et le maïs. Il est rare qu'il se multiplie dans d'autres denrées que des céréales, mais il attaque cependant les pois cassés et les pâtes alimentaires. Il peut infester les plantes céréalières dans les champs. Il dévore les grains entiers, ce qui entraîne une baisse du poids des stocks, favorise la croissance des champignons et diminue la qualité du grain, car sa teneur en acides gras libres augmente; il peut même détruire complètement les stocks, et ce dans tous les types d'installations d'entreposage. La présence de ce ravageur primaire peut provoquer l'échauffement du grain et faciliter l'implantation de champignons ainsi que d'insectes et d'acariens de la catérogie des ravageurs secondaires.

Distribution géographique. *Sitophilus oryzae* est un insecte cosmopolite, mais on le trouve plus souvent dans les régions chaudes tropicales et subtropicales que dans les zones tempérées. C'est un grand ravageur des céréales dans les pays suivants: Argentine, Australie, République Centrafricaine, République populaire de Chine, Colombie, Chypre, Tchécoslovaquie, Égypte, Inde, Iraq, Israël, Italie, Japon, Kenya, Liban, Libye, Mozambique, Paraguay, Afrique du Sud, Botswana, République Dominicaine, Somalie, Birmanie, Malaysia, États-Unis, U.R.S.S., Nigeria et Zambie.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Sitophilus oryzae* résiste modérément bien au froid, mais le taux d'humidité relative doit être relativement élevé pour qu'il puisse se développer. Il est surtout répandu dans les régions tropicales et tempérées chaudes du monde; on ne le trouve habituellement pas dans les zones plus froides. Il n'abonde pas dans les régions où les étés sont très chauds et, dans les zones à climat chaud et humide, il est souvent supplanté par *S. zeamais*, une espèce qui lui est très apparentée. Son indice d'adaptabilité est de 275, tandis que celui de *Tribolium castaneum* est de 700 et celui de *Sitophilus granarius* de 173. Dans le centre-ouest des États-Unis, il y a 4-5 générations par année; en Crimée et dans le centre-sud de l'U.R.S.S.,

on compte habituellement quatre à sept générations par année, tandis que dans les régions céréalières septentrionales comme le nord du Caucase, il n'y en a que deux ou trois. Au Canada, on le voit habituellement dans le sud de l'Ontario et il n'y a probablement qu'une génération par année dans cette région.

Denrées infestées. En général, les adultes et les larves se nourrissent de grains de céréales entiers, s'attaquant aux produits suivants: blé, riz, orge, maïs, arachides, manioc, haricots, millet et sorgho; les femelles peuvent toutefois pondre leurs œufs et se développer sur des dérivés solides comme les pâtes alimentaires. *S. oryzae* peut attaquer des céréales en maturation, en particulier le maïs dans les champs du sud des États-Unis et des régions tropicales.

Dégâts et signes d'infestation. Les larves apodes se nourrissent et se développent à l'intérieur des graines sans que l'aspect extérieur de celles-ci soit modifié. Avec leurs mâchoires puissantes, elles dévorent le germe et l'endosperme, y laissant de grands trous aux contours irréguliers. Après la nymphose, l'adulte sort de la graine en y perçant un trou circulaire d'environ 1,5 mm de diamètre et attaque d'autres grains. La présence de trous aux contours irréguliers sur les grains est le signe caractéristique d'une infestation par *S. oryzae*. Il arrive que deux insectes se développent en même temps sur deux côtés d'un même grain. Un insecte peut détruire à lui seul environ 30 % d'un grain de blé durant son développement depuis l'œuf jusqu'au stade adulte. À 30 °C, et à un taux d'humidité relative de 70 %, un insecte consomme 47 calories sur les 126 que contient un grain de blé durant le développement de l'œuf jusqu'au stade adulte et les 50 premiers jours de vie adulte. Lorsque l'infestation est grave, la coque de la graine, perforée par les adultes qui en ont émergé et s'en sont nourris, est la seule partie qui reste. Les graines de sorgho endommagées à la récolte et durant la manutention sont plus vulnérables aux attaques du charançon du riz.

Morphologie (fig. 29). L'adulte, qui mesure 2,5-4 mm de longueur, a le corps brun rougeâtre ou brun foncé et un long rostre étroit avec de puissantes pièces buccales broyeuses; les antennes, en forme de coude, comportent huit articles et sont renflées en massue. On distingue facilement les formes adultes de *S. oryzae* et *S. zeamais* de celle de *S. granarius* par les ponctuations arrondies (ovales chez *S. granarius*) et rapprochées qu'on peut voir sur le thorax et par les deux taches brun rougeâtre que porte chaque élytre. Seuls certains caractères morphologiques internes du mâle, notamment l'aspect de l'édéage (pénis), permettent de distinguer *S. oryzae* de *S. zeamais*. Chez *S. oryzae*, la face supérieure de l'édéage est uniformément convexe, et chez *S. zeamais*, elle est aplatie et porte deux dépressions longitudinales caractéristiques. On ne peut voir les autres stades qu'en disséquant une graine infestée. Les œufs, ovales ou piriformes, sont blancs, opaques et luisants. La larve est blanche, compacte et apode; les quatre stades larvaires (I à IV) sont passés à l'intérieur de la graine. Le meilleur moyen de les différencier est de mesurer la largeur

de la capsule céphalique en étudiant des spécimens au stéréomicroscope. Ainsi, on a obtenu les valeurs moyennes et les limites de variation suivantes: I, 0,22 mm (0,18-0,27); II, 0,32 (0,28-0,36); III, 0,47 (0,38-0,57) et IV, 0,66 (0,58-0,80). La nymphe est également blanche, mais elle a des pattes, des ailes (repliées sur le corps) et le rostre d'un adulte parvenu à maturité.

Ressemblance avec d'autres insectes. Extérieurement, *S. oryzae* est presque identique à *S. zeamais* (voir Morphologie); cependant, *S. oryzae* vole rarement, au contraire de *S. zeamais*. De plus, il semble que *S. oryzae* infeste de préférence les petits grains tels que le riz, tandis que *S. zeamais* s'attaque au grain de plus grande taille comme le maïs. Bien que l'alucite des grains, *Sitotroga cerealella*, endommage les graines de la même façon que le charançon du riz, on peut distinguer ces deux espèces par la forme des orifices d'émergence sur les graines infestées et par les dommages que cause *S. oryzae* à l'état adulte en se nourrissant.

Conditions limites et optimales de multiplication. Le développement de *S. oryzae* peut s'accomplir entre des limites de température de 17 °C et 34 °C et d'humidité relative de 45 % et 100 %; à 26-31 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %, les conditions sont optimales. L'activité cesse à environ 40 °C. Le facteur de la multiplication est de 25 par période de 28 jours. *Sitophilus oryzae* est moins sensible à la chaleur que *S. granarius*.

Cycle vital. Au moment de la ponte, qui peut avoir lieu dans les champs ou dans un entrepôt, la femelle perce un trou dans une graine; elle y dépose un seul œuf, puis obture l'orifice au moyen d'une substance gélatineuse qui forme une sorte de bouchon en durcissant. Une femelle pond deux ou trois œufs par jours; elle en produit entre 300 et 576 durant sa vie. Après l'éclosion, les larves se nourrissent à l'intérieur de la graine où elles passent les quatres stades larvaires et la nymphose. On a mesuré la durée moyenne en jours des différents stades du développement à 25 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %: œuf, 4-6,5; stades larvaires au complet, 18,4-22,0; nymphe, 8,3-14,0; adulte immature, 3; stade immature au complet 34,1-40,0. À un taux d'humidité relative de 70 %, le cycle vital, depuis la ponte jusqu'à l'émergence des adultes, dure 26 jours à 30 °C, 43 jours à 21 °C et 96 jours à 18 °C. On a mesuré à 21 °C et à un taux d'humidité relative de 70 % le nombre de jours s'écoulant depuis la ponte jusqu'à l'apparition de chacun des stades larvaires (I-IV), des nymphes et des adultes: I, 6; II, 13; III, 17; IV, 24; nymphe, 34; émergence des adultes, 43. Les adultes vivent de 7 à 8 mois, parfois jusqu'à deux ans.

Écologie. Des études en laboratoire ont montré que les populations de *Sitophilus oryzae* se dispersent suivant un mode caractéristique dans la masse de grain. Le taux de migration est plus élevé dans les populations nombreuses que dans les petites populations. Dans le blé en vrac contenant 14 % d'eau et conservé à 30 °C, les insectes ne s'éloignent que légèrement du point où

ils ont été introduits, quelle qu'en soit la position. Ils ne s'éloignent rapidement que si la température monte à 32 °C ou plus. On a signalé que les insectes se meuvent plus facilement dans les masses de grain peu compactes qui retiennent plus d'eau étant donné que l'espace intergranulaire y est accru.

L'étude des effets de la température, de la lumière et de l'humidité relative sur *S. oryzae* a permis de constater qu'à 25 °C et à un taux d'humidité relative de 34 %, cet insecte est photophobe lorsqu'on le place dans une pièce comportant des zones éclairées et des zones obscures; cependant, s'il y a dessication progressive (6-72 heures), l'insecte devient photophile. *S. oryzae* vole mal par comparaison avec *S. zeamais*.

On a étudié la compétition entre *S. zeamais* et *S. oryzae* dans du blé et du maïs conservés à 29 °C et à un taux d'humidité de 70 %; on a constaté que dans le blé, *S. oryzae* est plus productif que son congénère, mais que ce dernier domine dans le maïs. On a aussi élevé *S. oryzae* avec *R. dominica* dans différents cultivars à 30 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %; *S. oryzae* devient généralement l'espèce dominante et la plus productive. Dans le grain entreposé en vrac, la chaleur résultant de la respiration de *S. oryzae* se disperse difficilement, car le milieu est mauvais conducteur. Par conséquent, la température s'élève dans les foyers d'infestation, ce qui, par rétroaction est favorable pour la multiplication de l'insecte. L'augmentation de la température accélère le développement et la ponte, si bien que la population monte en flèche. L'augmentation de l'humidité résultant de l'accroissement de l'activité métabolique des différents stades de développement accélère également la croissance de la population. Finalement, la température et l'humidité atteignent un niveau optimal et les insectes commencent à s'éloigner de ce « point chaud » qui est alors déjà contaminé par des champignons (par ex., *Aspergillus*, *Absidia*), des actinomycètes et des bactéries. Par suite de cette dispersion, le foyer d'infestation s'étend et souvent, c'est aussi le cas du « point chaud ». Lorsque la température monte à 40 °C ou plus dans le cœur du « point chaud », beaucoup d'insectes meurent. Les adultes qui survivent, après s'être éloignés vers des zones plus favorables dans la masse de grain, continuent à se multiplier et à entretenir des « points chauds » par leur chaleur. La progression des « points chauds » n'est limitée que par les parois de la cellule ou la présence d'une couche de grains froid bien délimitée.

Ennemis naturels. *Sitophilus oryzae* est l'hôte des Hyménoptères suivants: *Anisopteromalus calandrae* (Howard), *Chœtospila elegans* Westwood, *Holepyris sylvanidis* (Brethes), *Lariophagus distinguendus* (Foerester), *Cephalonomia tarsalis* (Ashmead), *Cerocephala dinodiri* Graham, *Meraparus requisitus* (Tucker) et *Dibrachys cavus* (Walker). Ces parasites sont cependant d'un intérêt limité comme régulateurs de population.

Ordre: Coléoptères
Famille: Ténébrionidés

Tenebrio molitor Linnaeus

Nom vernaculaire: Ténébrion meunier

Importance économique. *Tenebrio molitor* est le plus grand des insectes ravageurs des céréales entières et moulues; on le trouve souvent dans les parties humides des pieds et des planchers des élévateurs, des becs verseurs inutilisés et des stocks de grain. En général dans les minoteries, les usines à provendes et autres types d'installations d'entreposage, les stocks sont laissés en attente un certain temps avant d'être utilisés ou transférés. Le ténébrion meunier infeste souvent les céréales et produits céréaliers humides en voie de décomposition. Les larves de *T. molitor* sont couramment vendues dans les magasins d'animaux comme nourriture pour fourmis, oiseaux, amphibiens, reptiles, arthropodes et poissons carnivores; on les emploie aussi pour nourrir certains animaux dans les zoos. Comme *T. molitor* n'est pas un ravageur primaire des céréales, il ne fait pas de dommages graves dans les minoteries et les installations d'entreposage; sa présence est cependant le signe que l'hygiène des lieux laisse à désirer.

Distribution géographique. *Tenebrio molitor* est un insecte cosmopolite, probablement originaire d'Europe. Il est répandu depuis plus d'un siècle dans les minoteries, les entrepôts et les élévateurs à grains du Canada et du nord des États-Unis.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Tenebrio molitor* prospère sous un climat moins froid que *Tenebrio obscurus*. *Tenebrio molitor* se multiplie librement dans les régions à climat continental humide du nord des États-Unis et du sud-est du Canada. C'est un insecte résistant au froid qui hiverne à l'état larvaire dans les bâtiments non chauffés (3 °C – 10 °C) en Irlande du Nord, en Grande-Bretagne ainsi que dans l'est du Canada et aux États-Unis.

Denrées infestées. *Tenebrio molitor* est un insecte nécrophage; il se nourrit de préférence des débris de graines de céréales entières ou moulues humides et en voie de décomposition oubliés dans les coins obscurs des minoteries et des entrepôts. Il se nourrit aussi d'autres produits: farine, son, céréales, pain, craquelins, résidus de mouture, restes de farine, plumes, insectes morts, fruits séchés, noix, céréales à bouillie et biscuits.

Dégâts et signes d'infestation. On peut détecter les infestations de *Tenebrio molitor* grâce aux traces que laissent les grosses larves rampantes sur les masses de farine et dans la poussière de grain qui couvre les planchers. A maturité, les larves peuvent monter sur les murs des installations d'entreposage. Le

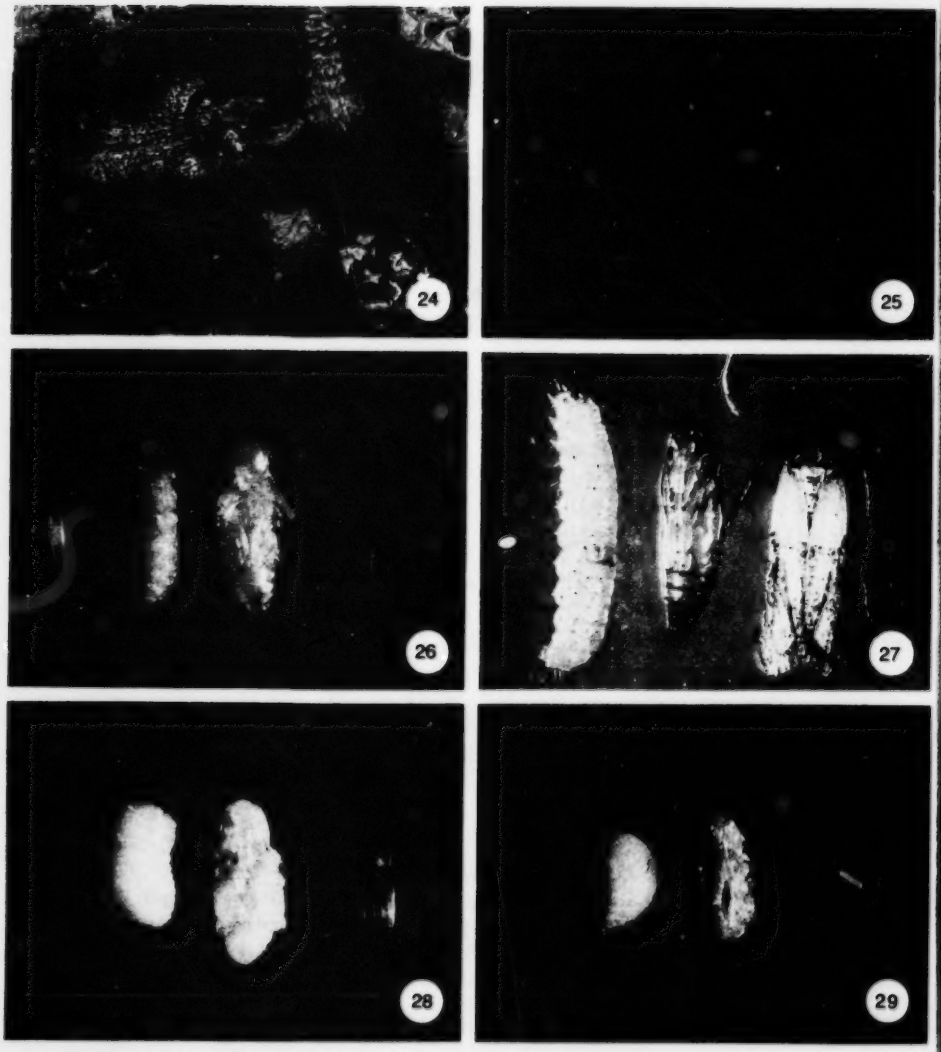


Fig. 24 Grains de blé infestés par *Cryptolestes ferrugineus*.

Fig. 25 Cycle vital de *Cryptolestes ferrugineus*; de gauche à droite: œufs, larve, nymphe et adulte.

Fig. 26 Cycle vital d'*Oryzaephilus surinamensis*; de gauche à droite: œuf, larves, nymphe et adulte.

Fig. 27 Cycle vital de *Plodia interpunctella*: de gauche à droite: œuf, larve, chrysalide et adulte.

Fig. 28 Cycle vital de *Sitophilus granarius*; de gauche à droite: œuf, larve, nymphe et adulte.

Fig. 29 Cycle vital de *Sitophilus oryzae*; de gauche à droite: œuf, larve, nymphe et adulte.

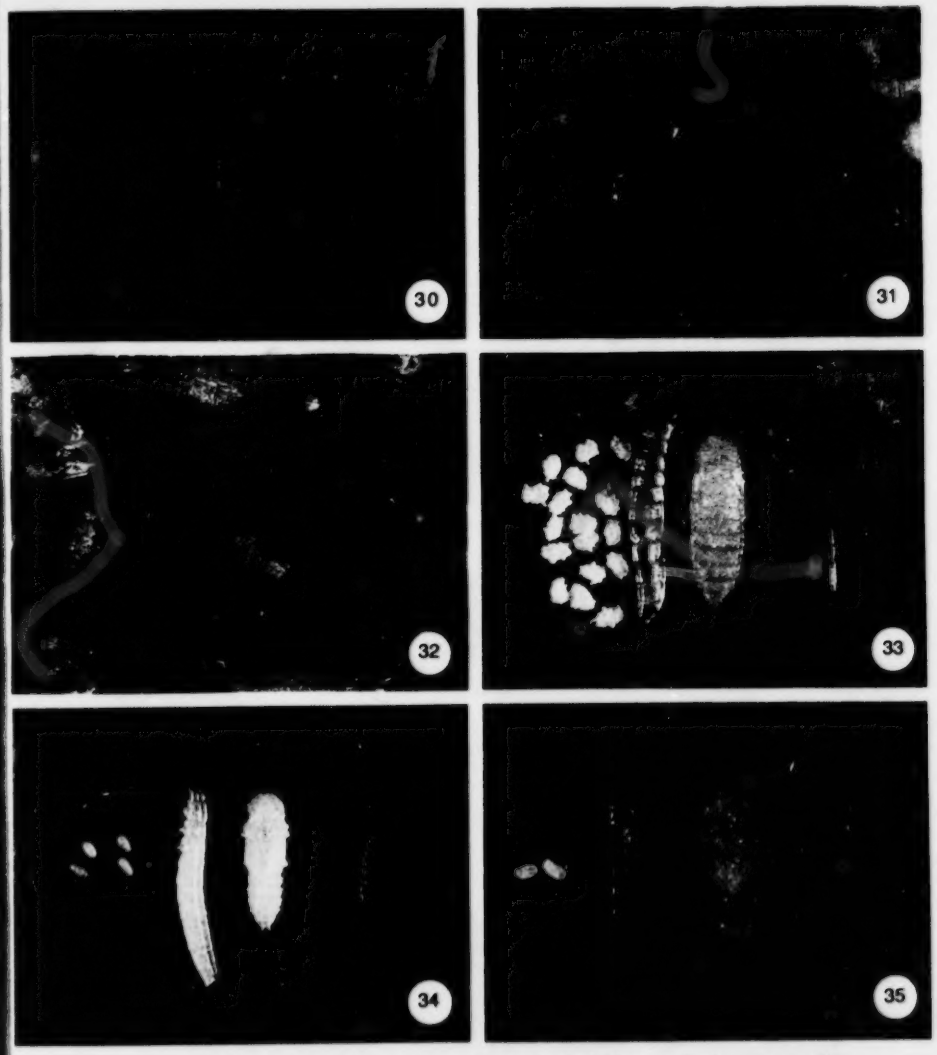


Fig. 30 Cycle vital de *Tenebrio molitor*; de gauche à droite: œufs, larve, nymphe et adulte.

Fig. 31 Larve de *Tenebroides mauritanicus* dans des grains de blé.

Fig. 32 Grains de blé infestés par *Tribolium castaneum*.

Fig. 33 Cycle vital de *Tribolium castaneum*; de gauche à droite: œufs, larve, nymphe et adulte.

Fig. 34 Cycle vital de *Tribolium confusum*; de gauche à droite: œufs, larve, nymphe et adulte.

Fig. 35 Cycle vital de *Tribolium madens*; de gauche à droite: œufs, larve, nymphe et adultes.

pain préparé avec de la farine qui a été infestée pendant un à trois mois par *T. molitor* est de qualité relativement faible: il a un goût et une odeur de phénol. La farine et les céréales moulues infestées par ces insectes très visibles dégagent souvent une odeur désagréable. Ces denrées sont généralement rejetées à cause de leur aspect et parce qu'on craint qu'elles soient dangereuses pour la santé.

Morphologie (fig. 30). Au stade adulte, ce Coléoptère est robuste, aplati, noir ou brun foncé et luisant; il mesure 14-18 mm de longueur, les élytres sont parcourus de fins sillons. Le segment terminal des antennes est aussi long que large et le troisième article n'est que légèrement plus long (1,2:1) que le quatrième. Les œufs, de forme oblongue ou ovale, d'un blanc laiteux, sont opaques et luisants; ils mesurent de 1,75 à 1,80 mm de longueur et 0,60-0,70 mm de largeur. Souvent leur surface collante est enrobée de poussière ou de particules de farine, ce qui les rend difficiles à voir. Les larves fraîchement écloses sont blanches et mesurent 2-2,5 mm de longueur. Elles deviennent brun jaunâtre ou jaune miel à mesure qu'elles se nourrissent et se développent. La larve complètement développée est jaune clair; les extrémités du corps et la jonction entre les segments sont brun jaunâtre. À maturité, elle mesure 26-30 mm de longueur; son corps cylindrique est à peu près dix fois plus long que large. La nymphe est nue; d'abord blanche, elle devient plus tard jaune ou brun jaunâtre; elle mesure 14-19 mm de longueur et 5-7 mm de largeur.

Ressemblance avec d'autres insectes. *Tenebrio molitor* ressemble au ténébrion obscur, *T. obscurus*. On peut facilement différencier la larve de *T. molitor* de celle de *T. obscurus* par sa livrée jaune. En outre, le segment terminal des antennes de *T. molitor* est aussi long que large, tandis qu'il est plus large que long chez *T. obscurus*.

Conditions limites et optimales de multiplication. *Tenebrio molitor* se multiplie à 18-30 °C et à un taux d'humidité relative de 60-95 %. En laboratoire, on l'élève généralement à 25-30 °C. Les larves résistent au froid et supportent la dessiccation avancée. Elles peuvent vivre longtemps dans un milieu extrêmement sec. Dans ce genre de conditions, elles restent en dormance.

Cycle vital. Les adultes s'accouplent de deux à cinq jours après l'émergence. La ponte dure 22-137 jours; une femelle peut pondre jusqu'à 40 œufs par jour et, en moyenne 276 œufs (au maximum 600 œufs) dans sa vie. Les adultes vivent environ 2 mois. L'incubation des œufs dure de 4 à 19 jours. Le développement larvaire prend de 281 à 629 jours; on compte de 7 à 20 stades larvaires (9-19 le plus souvent) selon la température, l'abondance de la nourriture, la densité de la population et diverses autres caractéristiques du milieu. Les larves peuvent vivre plusieurs mois sans manger. La nymphose semble être déclenchée par l'élévation de température qui se produit lorsque vient

le printemps ou l'été. Le stade nymphal dure entre 6 et 18 jours, selon la saison. Normalement, il y a une génération par année, mais le cycle vital peut prendre jusqu'à deux ans pour s'accomplir.

Écologie:. *Tenebrio molitor* se développe bien à l'obscurité ou dans les parties peu éclairées des masses de grain humide en décomposition que rien ne vient perturber. Dans l'est du Canada, il est plus répandu et plus abondant dans le blé et les débris de blé, dans les élévateurs à grains, les minoteries et les usines à provendes. On le trouve souvent dans les enceintes d'équipement ainsi que sur les murs et les planchers des bâtiments d'entreposage. La femelle excite et attire les mâles au moyen d'une phéromone sexuelle. L'accouplement et les activités qui l'accompagnent sont déclenchés chez cette espèce par diverses sécrétions chimiques (phéromones) qui agissent comme un signal et coordonnent le comportement de reproduction des deux sexes. La phéromone la mieux caractérisée est une hormone d'attraction qui n'agit que sur les mâles; elle est libérée par les femelles. Les mâles produisent une petite quantité de phéromone immédiatement après l'émergence, le taux de production s'accroissant de façon marquée au bout de cinq jours. On connaît deux types de phéromones produites par les mâles: une hormone stimulante qui attire les femelles, et une hormone inhibitrice qui empêche les autres mâles de réagir à l'odeur des femelles. Les larves acclimatées au froid (3-14 °C) peuvent se disperser davantage à basse température que celles qui ont été acclimatées à la chaleur (30-33 °C).

Ennemis naturels. On a signalé que *Caloglyphus mycophagus* (Megnin), un acarien qui infeste les denrées entreposées, est un prédateur de *T. molitor*.

Ordre: Coléoptères
Famille: Trogositidés

Tenebroides mauritanicus (Linnaeus)

Nom vernaculaire: Cadelle

Importance économique. *Tenebroides mauritanicus* est l'un des plus gros et des mieux connus des ravageurs primaires du grain et des produits céréaliers entreposés. Il fait de grands ravages dans le riz, les entrepôts, les minoteries et les bâtiments d'entreposage des fermes. La larve creuse des galeries dans le bois des bâtiments d'entreposage vides et y demeure jusqu'à l'arrivée d'une nouvelle récolte de grains. Les larves et les adultes mangent tous deux le germe des grains, la farine, le son et les formes immatures des autres insectes qui infestent les mêmes produits. Dans les minoteries, *T. mauritanicus* peut ronger la soie des tamis et les toiles des blutoirs et d'autres machines de traitement. Les résidus des stocks de grains et les débris qui s'accumulent au fond des pieds des élévateurs, surtout dans les bâtiments en bois, constituent un milieu de reproduction des plus favorables pour cette espèce. Les murs et les plan-

chers de bois des installations d'entreposage, wagons, enceintes à grains ou anciennes cellules d'élévateurs sont aussi souvent infestés.

Distribution géographique. *Tenebroides mauritanicus* est connu en Europe depuis 1758 comme un grand ravageur du blé entreposé. Introduit en Amérique du Nord et en Amérique du Sud au XIX^{e} siècle, il est devenu un ravageur cosmopolite. Les bateaux céréaliers d'autrefois dont les cales comportaient des structures en bois étaient le meilleur moyen de propagation de cet insecte. On le trouve dans les régions chaudes du monde, notamment les suivantes: Europe, Amérique du Nord et Amérique du Sud, Afrique, Indonésie, Hawaï, Australie, sud de l'U.R.S.S., Brésil, Inde, Égypte, Turquie, Seychelles, Nigeria et Taiwan.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Tenebroides mauritanicus* résiste au froid. Les adultes ainsi que les larves de tous les stades (souvent en hibernation) peuvent hiverner dans les bâtiments non chauffés en Angleterre et aux États-Unis et peuvent vivre pendant plusieurs semaines par des températures inférieures à 0 °C. Le froid détruit rapidement les œufs et les nymphes. On pense que cette espèce peut infester les minoteries des régions à climat chaud et humide où la température monte à plus de 22 °C et où l'humidité relative dépasse 70 %. À 49-54 °C, tous les stades du développement de cette espèce sont détruits au bout d'une heure environ.

Denrées infestées. Les adultes et les larves se nourrissent tous deux de produits d'origine végétale ou animale. En général, ils attaquent le germe ou les parties tendres des graines. Les adultes mangent parfois les autres insectes qui infestent les mêmes denrées. *Tenebroides mauritanicus* infeste les produits suivants: riz, graines de coton, sorgho, manioc, pomme de terre, canelle, muscade, graines de palmier et de cacao, amandes, pulpes de betteraves, provendes, sorgho menu, farine de maïs, céréales moulues empaquetées, aliments pour déjeuner, biscuits, pain, orge mondé, son, semoule et tabac. Il mange également les larves et les chiures des autres insectes. Dans les vieilles minoteries où l'hygiène laisse à désirer, il peut ronger la soie des tamis lorsqu'il infeste les stocks à moudre dans les machines. En Europe, on le trouve souvent sous l'écorce des arbres et dans le bois pourri; il se nourrit alors de petits insectes xylophages. Autrefois, il arrivait souvent que des larves ou des nymphes soient introduites dans les élévateurs et les cellules avec le bois employé pour les construire.

Dégâts et signes d'infestation. *Tenebroides mauritanicus* est l'un des plus gros insectes qui ravagent les denrées entreposées; il est facile de détecter les grosses larves ou leurs traces dans les particules d'aliments et les poussières. Il peut faire bien des dégâts en rongeant les sacs, les emballages de carton et même les planches de bois. Les trous bien visibles qu'il perce dans les contenants de nourriture facilitent également la pénétration ou la sortie des insectes plus petits. Souvent dans les trous abandonnés, il s'accumule des

débris de grains où vivent d'autres insectes. Les larves mangent le germe ou l'embryon des graines. Elles peuvent détruire de grandes quantités de grains ou de produits dérivés et contaminent les denrées qu'elles infestent avec les exuvies qu'elles abandonnent après chacune de leurs mues.

Morphologie. L'adulte est un insecte plat, de forme oblongue et allongée; il mesure environ 6,5-11 mm de longueur (surtout 8-11 mm). C'est un Coléoptère brun foncé ou noir dont le dos est lisse et luisant. Le thorax bien distinct, est relié à l'abdomen par une base très rétrécie. Les œufs sont blancs et opaques; fusiformes (souvent recourbés), ils mesurent environ 1,2-1,5 mm de longueur et 0,25-0,35 mm de largeur. La larve (fig. 31) est blanche ou blanc grisâtre; le corps est mou et charnu, et la tête, noire, est bien visible. Les trois segments du thorax juste derrière la tête sont marqués de taches noires; sur le dernier segment abdominal, une plaque porte deux urogomphes (cornes) (fig. 31). A maturité, la larve peut mesurer jusqu'à 17 mm de longueur. La nymphe, de forme allongée, est blanche et mesure environ 7-10,5 mm de longueur et 2,5-3,5 mm de largeur. Souvent, elle reste cachée dans les galeries que les larves ont creusées dans le bois ou dans des anfractuosités. On peut distinguer les sexes d'après les caractères de la papille génitale de la nymphe: chez le mâle, il y a deux petites protubérances, tandis que chez la femelle la papille à trois segments est protubérante et divergeante.

Ressemblance avec d'autres insectes. A l'état adulte, *T. mauritanicus* ressemble à *Tenebrio molitor* à cause de sa grande taille et de sa couleur foncée; cependant, chez *T. molitor*, qui est plus gros et plus robuste, la constriction entre le thorax et l'abdomen, caractéristique chez *Tenebroides mauritanicus*, fait défaut.

Conditions limites et optimales de multiplication. Les températures limites entre lesquelles *Tenebroides mauritanicus* peut survivre se situent entre −9 °C et 40 °C. Les limites exactes, qui dépendent de l'acclimatation et de certains facteurs génétiques, sont inconnues. Les larves et les adultes résistent très bien au froid, mais la locomotion s'arrête entre 3 °C et 12 °C. La température minimale à laquelle la multiplication peut s'accomplir est d'environ 15 °C. À 28-30 °C et à un taux d'humidité relative de 70-80 %, les conditions sont favorables pour le développement et la reproduction. Le taux d'accroissement est bas (une ou deux générations par année) en raison de la longueur de la période de développement et du processus d'hibernation qui se produit en hiver.

Cycle vital. La femelle adulte pond de 10 à 60 œufs (habituellement 20-30) qu'elle dépose par masses dans la farine ou dans les fissures des produits infestés. La ponte dure entre 2 et 14 mois et une femelle peut pondre de 430 à 1 319 œufs au cours de sa vie. En laboratoire, une femelle alimentée d'un mélange de farine d'avoine, de levure et de champignons a pondu 3 581 œufs. Le développement de l'œuf jusqu'à l'adulte dure de 70 à 400 jours; on

compte entre 3 et 7 stades larvaires, leur nombre dépendant surtout de la température et du type de nourriture employée durant l'élevage. L'adulte et plus particulièrement la femelle, peut vivre de 6 à 22 mois. En conditions défavorables (hibernation, insuffisance nutritive comme il arrive dans un milieu constitué de tabac), le développement larvaire peut durer jusqu'à 36 mois. En général, il y a une génération par année (à l'occasion deux) dans les bâtiments non chauffés des régions à climat tempéré; il peut y avoir jusqu'à trois générations par année dans les pays tropicaux.

Écologie. En Amérique du Nord, les larves et les adultes en milieu naturel vivent surtout sous l'écorce des arbres et dans les galeries des insectes xylophages qui leurs servent de nourriture, s'activant en hiver et n'hibernant qu'à basse température. Les œufs et les nymphes ne survivent pas au froid de l'hiver. Les adultes qui émergent à la fin de l'automne vivent plus longtemps (environ 12 mois) que ceux qui apparaissent au printemps (6-7 mois). À 15 °C, les adultes peuvent vivre sans nourriture jusqu'à 114 jours et les larves, jusqu'à 33 jours. La valeur nutritive des denrées infestées influe considérablement sur le développement et l'abondance de *Tenebroides mauritanicus*. Ainsi, à 30 °C, le cycle vital dure 79 jours dans le blé entier, 90 jours dans la farine de blé entier, 102 jours dans la farine blanche et 96 jours dans le riz cru. Lorsque la température fluctue, le cycle vital dure de 106 à 124 jours, selon la denrée nourricière. *T. mauritanicus* infeste les minoteries et les usines à provendes des régions à climat chaud et humide d'Afrique et d'Asie; on le trouve dans le même genre d'installations dans les pays tempérés.

Dans les villes côtières de l'Amérique du Nord, *T. mauritanicus* abonde en toute saison dans le grain entier, les produits alimentaires traités, les balayures, les débris accumulés dans les recoins et dans les anfractuosités des planchers, la poussière de grain, la machinerie et diverses autres parties des minoteries et usines à provendes. Les variations de température du milieu infesté déterminent dans une large mesure les fluctuations de la population. Les adultes et les larves qui hivernent ou qui subsistent dans les vieilles cellules de bois des fermes peuvent infester rapidement le nouveau grain qu'on y entrepose.

Ennemis naturels. Les larves de *T. mauritanicus* peuvent être parasitées par *Dibrachys cavus* (Walker) et des *Nosema* spp. *T. mauritanicus* est reconnu comme prédateur des larves de plusieurs insectes ravageurs des denrées entreposées, notamment *Plodia interpunctella*, *Oryzaephilus surinamensis* et *Tenebrio molitor*. On pense que cette prédation n'est pas due à de l'agressivité, mais que les éléments nutritifs ainsi obtenus sont souvent essentiels pour que s'achève le cycle vital.

Ordre: Coléoptères
Famille: Ténébrionidés

Tribolium audax Halstead

En 1969, D.G.H. Halstead a montré que l'insecte noir qu'on trouve en Amérique du Nord depuis plus d'un siècle, autrefois identifié comme étant *Tribolium madens*, se distingue du véritable *T. madens* de l'ancien monde. *Tribolium audax* est plus petit, moins convexe et plus allongé que *T. madens*; en outre, ces deux espèces ne se croisent pas. Le véritable *T. madens* n'est pas aussi répandu en Amérique du Nord qu'en Europe.

Importance économique. Bien qu'on le trouve dans les forêts sous l'écorce des arbres (par ex., *Pinus ponderosa, P. monticola*) et dans les ruches, *Tribolium audax* est maintenant modérément bien établi comme ravageur des céréales et des produits céréaliers entreposés dans les fermes, les entrepôts et les minoteries en Amérique du Nord. Il infeste le blé, le maïs, l'avoine et leurs dérivés entreposés dans les fermes. La farine de blé fortement infestée dégage une odeur désagréable; elle est de qualité inférieure pour la panification et donne un pain au goût désagréable.

Distribution géographique. *Tribolium audax* est bien adapté aux conditions climatiques des régions océaniques et continentales tempérées de l'Amérique du Nord. On l'a signalé occasionnellement au Nouveau-Mexique et au Texas, deux états américains au climat chaud et sec.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Tribolium audax* est bien implanté dans les régions de l'Amérique du Nord à climat océanique ou continental tempéré. Il semble qu'il puisse hiverner dans les bâtiments non chauffés dans ces régions. Comme on l'a trouvé occasionnellement dans le sud des États-Unis, on pense qu'il s'adaptera peut-être aux conditions climatiques des régions subtropicales.

Denrées infestées. *Tribolium audax* se nourrit des céréales et des produits céréaliers entreposés dans les fermes. On l'a trouvé dans les produits suivants: maïs, blé, orge, avoine, farine, rayons de ruches, aliments pour animaux et écorce de pin. En milieu naturel, on le trouve en forêt; il peut se nourrir des larves des insectes (Bibionidés) qui infestent le bois mort.

Dégâts et signes d'infestation. Dans le grain et la farine, *T. audax* cause des dommages généralement comparables à ceux que provoquent *T. confusum* et *T. castaneum*, deux espèces qui lui sont étroitement apparentées. Le pain produit avec de la farine infestées par *T. audax* a un goût et une odeur désagréables qui rappellent la « quinone » (2-méthyl- et 2-éthyl-1, 4 benzoquinones).

Morphologie. Au stade adulte, ce Coléoptère mesure 2,8-4,5 mm de longueur et 1,0-1,6 mm de largeur. Le corps, d'un brun foncé terne, est modérément déprimé; les pattes et les antennes sont d'un ton plus clair. La larve ressemble à celle de *T. confusum*, mais chez *T. audax*, les tergites sont d'un brun très foncé. L'adulte se déplace très rapidement, mais vole rarement.

Ressemblance avec d'autres insectes. *Tribolium audax* ressemble beaucoup à *T. madens*. On peut différencier ces deux espèces à tous les stades de leur développement d'après les caractéristiques fournies dans la description de *T. madens* dans la présente publication.

Conditions limites et optimales de multiplication. *Tribolium audax* peut se développer à 21-35 °C et à un taux d'humidité relative de 50-70 %. Les conditions limites de multiplication n'ont pas été établies pour cette espèce.

Cycle vital. Les femelles pondent leurs œufs séparément dans les denrées nourricières. Le développement, depuis l'œuf jusqu'à l'adulte, dure en moyenne 80 jours, à 21 ± 1 °C et à un taux d'humidité relative de 50 %, et 41 jours, à 30 ± 0,5 °C et à un taux d'humidité relative de 56 %. À 32 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %, le développement prend 43 jours et les insectes parviennent à maturité en 50 jours. Dans une population élevée dans un mélange de farine de blé entier et de levure (19:1) à 35 °C et à un taux d'humidité relative de 60 %, les mâles vivent de 68 à 97 jours et les femelles, de 69 à 94 jours. Dans du blé entier sans impuretés conservé à 27-33 °C et à un taux d'humidité relative de 70 ± 2 %, *T. audax* se développe bien et le cycle vital s'accomplit au complet; si le blé entier contient 2-10 % d'impuretés (grains brisés, poussières, graines de mauvaises herbes, le taux d'émergence n'est pas plus élevé.

Écologie. Il existe très peu de données sur l'écologie de *Tribolium audax*, mais son association avec les abeilles coupeuses de feuilles du genre *Megachile* est bien connue. *T. audax* infeste les ruches; celles-ci servent souvent de réservoir naturel pour les insectes ravageurs des denrées entreposées comme d'autres espèces de *Tribolium*.

Ennemis naturels. En laboratoire, les élevages de *Tribolium audax* sont souvent infestés par des sporozoaires endoparasites comme *Farinocystis tribolii* Weiser ou *Lymphotropha tribolii* Ashford. Ces parasites peuvent occasionner une forte mortalité dans la population hôte.

Ordre: Coléoptères
Famille: Ténébrionidés

Tribolium castaneum (Herbst)

Synonyme: *Tribolium ferrugineus* Herbst
Nom vernaculaire: Tribolium rouge de la farine

Importance économique. *Tribolium castaneum* se range parmi les ravageurs des denrées alimentaires les mieux connus et les plus répandus; il infeste les céréales, oléagineuses et autres produits d'origine végétale et animale dans les installations d'entreposage, les élévateurs et les minoteries, partout dans le monde (fig. 32). Comme il ne peut se nourrir de grains intacts contenant moins de 12 % d'eau et n'attaque que la poussière de grain, les graines brisées et les stocks moulus, on le considère généralement comme un ravageur secondaire. Il reste néanmoins important, car il infeste une large gamme de produits, s'adapte à diverses conditions climatiques, est omnivore et son taux d'accroissement naturel intrinsèque est exceptionnellement élevé.

Distribution géographique. *Tribolium castaneum* serait d'origine indo-australienne; on sait qu'il infeste les constructions de l'homme depuis l'époque des Pharaons, soit environ 2 500 ans avant Jésus-Christ. De son lieu d'origine, il s'est largement répandu grâce à l'homme et, maintenant, on le considère comme un insecte cosmopolite. C'est un grand ravageur des produits céréaliers dans bien des pays, notamment les suivants: Canada, États-Unis, Royaume-Uni, Europe, Mexique, Argentine, Brésil, U.R.S.S., Ghana, Zambie, Malawi, Kenya, Inde, Birmanie et Australie.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. Au point de vue des conditions climatiques, *T. castaneum* est l'un des ravageurs du grain entreposé les mieux adaptés et les plus productifs. Relativement sensible au froid, par comparaison avec *Cryptolestes ferrugineus*, il est néanmoins bien établi dans les provinces des Prairies au Canada. Il peut vivre dans des pays semi-arides comme l'Égypte, le Soudan et le Niger, en partie à cause de sa résistance exceptionnelle à la sécheresse (humidité relative minimale de 1 %). Il prospère également dans les régions humides de latitude moyenne (Europe de l'Ouest, U.R.S.S., Chine et Japon), particulièrement dans les zones à climat continental humide où les étés sont longs. Parmi les 51 insectes dont nous avons étudié l'adaptabilité, *T. castaneum* arrive en tête avec un indice de 700, alors que celui de *T. confusum* est de 570 et celui de *Sitophilus oryzae* est de 275.

Denrées infestées. *Tribolium castaneum* est un insecte omnivore et cannibale. Les larves et les adultes se nourrissent de l'embryon des graines, de poussière de grain, de grains brisés et des impuretés qui se trouvent dans les stocks. Parmi les denrées que cet insecte infeste, mentionnons les suivantes: blé, maïs, orge, millet, lin, tournesol, colza, sorgho, seigle, arachides, tourteau

d'oléagineuses et produits dérivés, graines de luzerne, farine de copra, résidus de coton égrené, tourteau de graines de coton, haricots, pois, gingembre, racines séchées, fruits séchés, noix, sagou, riz, son de riz et de blé, légumineuses, farine, épices, poivre de cayenne, chocolat, tabac pulvérisé, grains de cacao, graines de coton, amandes, poudre à pâte, farine de soja, gruau fin de soja, rhizome d'iris, levure, lait en poudre, collections entomologiques et dérivés de céréales, d'oléagineuses et de légumineuses en emballages. Les adultes et les larves sont cannibales, surtout s'il y a surpopulation; ils se nourrissent des œufs et des nymphes (à l'occasion de larves) de leur propre espèce. *Tribolium castaneum* s'alimente voracement et se reproduit dans des cultures de champignons parasites communs des graines appartenant aux genres suivants: *Alternaria, Mucor, Cladosporium, Nigrospora, Absidia, Curvularia* et *Scopulariopsis*. Bien que la présence d'impuretés ou de graines endommagées soit primordiale pour l'alimentation de *T. castaneum* en conditions suboptimales (27 °C), il peut se multiplier dans du blé sans impuretés lorsque les conditions sont optimales (33 °C et humidité relative de 70 %).

Dégâts et signes d'infestation. Lorsqu'on remue des denrées infestées par *T. castaneum*, on voit un grand nombre de ces Coléoptères brun rougeâtre se promener en surface (fig. 32). Les larves mangent l'intérieur des graines de céréale qui souvent ont été entamées par un insecte granivore primaire tel que *Sitophilus oryzae*. La farine très infestée devient grisâtre; on y trouve des exuvies, des boulettes d'excréments et des chiures. Elle peut devenir rose et avoir un goût et une odeur désagréables à cause d'un liquide volatile jaune ou brun rougeâtre que les adultes secrètent dans des glandes odoriférantes. Cette substance se compose de 2-éthyl-1, benzoquinone, 2-méthyl-1,4-benzoquinone (toluquinone), 2-méthoxy-1,4- benzoquinone et d'une composante huileuse d'un poids moléculaire de 179. La teneur en acides gras libres et en acide urique du produit s'élève, tandis que la concentration de thiamine diminue. Les propriétés de panification d'une farine infestée pendant plus d'un mois sont moins bonnes, car le gluten devient cassant et le pain a un goût amer. La farine de blé gravement infestée pendant 1-3 mois par *T. castaneum* donne un pain moins volumineux de couleur variable, dont le goût et l'odeur désagréables sont caractéristiques et dont la mie prend progressivement une teinte plus foncée. La teneur en acides gras du blé infesté pendant deux mois augmente de façon significative, tandis que le pouvoir germinatif baisse et que la microflore, en particulier *Aspergillus glaucus* gr. et *Penicillium* spp., s'amenuise. Comme les insectes mangent le germe des graines, le blé perd rapidement son pouvoir germinatif. Durant son développement, de l'œuf jusqu'à l'adulte, soit une période de 20 jours, un tribolium consomme à lui seul 60 calories sur les 126 que contient un grain de blé.

Morphologie (fig. 33). L'adulte mesure 2,3-4,5 mm de longueur. Brun rougeâtre ou noirâtre, il a le corps allongé et relativement plat. Le pronotum est plus large que long; les côtés de l'abdomen sont parallèles. Les antennes comportent onze articles; les trois articles terminaux forment une massue

bien développée. Les yeux ne sont pas hauts; une bordure latérale qui naît en un point postérieur de la tête les sépare partiellement et ils comportent trois ou quatre facettes dans leur partie la plus étroite. En général, un ou plusieurs segments externes, du 4e au 7e, sont fortement élevés de la base vers l'apex. Chez les adultes, on différencie le mâle de la femelle à la présence d'une dépression sétifère sub-basale sur la partie ventrale du fémur antérieur; cette dépression fait défaut chez la femelle. L'œuf mesure 0,6-0,7 mm de longueur et 0,3-0,4 mm de largeur. De forme oblongue, il est blanc ou translucide; comme sa surface est gluante, des particules de farine peuvent y adhérer. La larve est jaune blanchâtre et porte sur la tête et le corps de courtes soies jaunes; de forme cylindrique et allongée, elle est environ huit fois plus longue que large. Elle se distingue des larves de certains autres Coléoptères par les deux cornes (cerques) qu'elle porte sur le dernier segment. La larve du premier stade larvaire mesure environ 1,1 mm de longueur; la capsule céphalique mesure 0,2 mm de largeur. La nymphe est blanche; elle mesure 3,3-3,4 mm de longueur et 1,1 mm de largeur; elle pèse environ 2,4-2,5 mg.

Ressemblance avec d'autres insectes. Au stade adulte, *Tribolium castaneum* ressemble beaucoup à *T. confusum* et, dans une moindre mesure, à *T. audax* et *T. madens*, deux espèces du genre *Tribolium* qui lui sont étroitement apparentées, mais qu'on reconnaît à leur couleur noire. La forme adulte de *T. castaneum* se distingue de celle de *T. confusum* par les caractéristiques suivantes:

Tribolium castaneum vole très bien. Les trois derniers segments des antennes s'élargissent brusquement en massue; le 8e segment est de moitié moins large que le 9e. Il n'y a pas de crête au-dessus des yeux sur la tête. Les yeux sont plus grands que ceux de *T. confusum*; ils semblent ovales dans l'axe transversal et, lorsqu'on les regarde par en dessous, leur largeur est égale ou presque à l'espace qui les sépare. Une projection céphalique sépare les yeux au milieu sur le tiers de leur longueur.

T. confusum ne vole pas. Les trois derniers segments des antennes s'élargissent graduellement; le 8e segment est légèrement plus étroit que le 9e. La crête de la tête est légèrement protubérante au-dessus des yeux. Les yeux sont plus petits; ils semblent ronds et, lorsqu'on les regarde par en dessous, leur largeur équivaut à peu près au tiers de l'espace qui les sépare. Une projection céphalique sépare les yeux au milieu sur la moitié de leur longueur.

Les nymphes de ces deux espèces fortement apparentées se distinguent par les caractéristiques suivantes:

Chez *T. castaneum* les yeux ne sont que partiellement séparés au milieu. Les lobes latéraux de l'abdomen portent deux soies; la plus longue se trouve sur le lobe antérieur, qui est plus grand, tandis que la plus courte émerge d'un point situé au tiers de la bordure postérieure.

Chez *T. confusum* les yeux sont presque complètement séparés. Les lobes latéraux sur l'abdomen portent trois soies; la plus longue se trouve sur le lobe antérieur, tandis que les deux plus courtes émergent des petits lobes médians.

Conditions limites et optimales de multiplication. Le développement et la multiplication de *T. castaneum* s'accomplissent entre 20 °C et 40 °C et à un taux d'humidité relative se situant entre 10 % et 95 %; à 32-37 °C et à un taux d'humidité relative de 70-75 %, les conditions sont optimales. En laboratoire, le taux d'accroissement maximal en conditions optimales est de 70 par période de 28 jours.

Cycle vital. La femelle pond environ 450 œufs ça et là, dans les denrées nourricières. Les œufs éclosent au bout de 2,6 à 13,9 jours, entre 20 et 40 °C (2,6-3,6 jours à 30-40 °C) et donnent naissance à des larves au corps mince. L'humidité relative n'influe pas sur l'incubation des œufs. La durée de la période larvaire, qui peut comporter 5-11 stades, varie de 12,0 à 109,0 jours, selon la température, le taux d'humidité relative et le type de denrée nourricière; elle dure 12-15,3 jours à 30-37,5 °C et à un taux d'humidité relative de 90 %. Dans du blé broyé, la température optimale pour le développement larvaire est d'environ 35 °C. À toutes les températures, les larves se développent plus rapidement au taux d'humidité relative le plus élevé. Les larves en activité fuient la lumière et vivent à l'intérieur des denrées nourricières. Le stade nymphal dure 3,9-24 jours, à 20-37,5 °C, et 3,9-5,5 jours, à 30-37,5 °C. Généralement, les larves parvenues à maturité se nymphosent à la surface des denrées nourricières ou dans des anfractuosités. Le développement de l'œuf jusqu'à l'adulte dure en tout approximativement 20 jours en conditions optimales, mais il peut se prolonger, tout dépendant de la valeur nutritive des denrées nourricières et de certains facteurs physiques comme la température et l'humidité relative. Par exemple, à 31 °C et à un taux d'humidité relative de 70 % dans une culture de *Nigrospora sphaerica*, champignon s'attaquant aux graines avant la récolte, le développement de l'œuf jusqu'à l'adulte dure 30 jours, comparativement à 22 jours dans un mélange de farine de blé et de levure de bière (19/1). Certains adultes ont vécu de 335 à 540 jours en laboratoire. Dans les pays chauds à climat tropical, dans des conditions uniformisées en laboratoire, *T. castaneum* peut se reproduire à longueur d'année; lorsque les conditions sont favorables, il y a communément quatre ou cinq générations par année.

Écologie. Par temps chaud, *Tribolium castaneum* vole (jusqu'à 90 cm au-dessus du sol) et se propage d'une installation d'entreposage à l'autre. La nuit, l'activité des insectes augmente; dans les entrepôts, ils remontent des denrées ensachées qu'ils infestent jusqu'à la surface des sacs. Durant l'après-midi dans les pays tropicaux, les adultes manifestent une forte propension à grimper et à s'envoler; ce comportement semble relié à la température. On a trouvé *T. castaneum* sur du maïs mûr dans les champs des régions chaudes au sud des États-Unis. La dispersion de cet insecte est différente de celle de certains autres Coléoptères, ceux-ci restant à l'intérieur de la masse de grains qu'ils infestent. Lorsque du grain entreposé en vrac est infesté par *T. castaneum*, on voit souvent des insectes à la surface; cependant, ils s'assemblent dans les parties de la masse qui contiennent des grains brisés, de la poussière ou des impuretés. Les champignons s'attaquant aux graines

après la récolte comme le groupe *Aspergillus glaucus* et *A. candidus* attirent les insectes qui se rassemblent alors dans les poches humides de la masse de grain. Bien qu'on le considère souvent comme un ravageur des régions à climat tropical, *T. castaneum* peut infester le grain entreposé dans les fermes durant les jours chauds de la moisson d'automne dans les pays tempérés. Dans ce cas, l'action combinée de son taux d'accroissement élevé et des propriétés d'isolation du grain permettent à *T. castaneum* de se multiplier rapidement dans le grain qui, souvent, est récolté à environ 36 °C durant les jours de l'été et entreposé à la ferme pour l'hiver dans de grands bâtiments. La chaleur générée par le métabolisme des populations qui se développent peut, selon les circonstances, produire des «points chauds» où la température peut monter jusqu'à 42 °C, ce qui endommage gravement le grain.

On estime qu'il peut se produire une grave infestation de *T. castaneum* si la température mensuelle moyenne demeure à 20 °C ou plus pendant au moins quatre mois dans le grain entreposé dans les petits silos de ferme (capacité d'environ 13 t). Naturellement, la température au moment de la récolte doit être plus élevée (27 °C ou plus) pour qu'apparaisse un foyer d'infestation. On trouve souvent *T. castaneum* avec des ravageurs granivores primaires comme *Sitophilus granarius* et *S. oryzae* ou avec des insectes se nourrissant du germe des graines comme *Cryptolestes ferrugineus*. Les dommages que provoquent les autres insectes en s'alimentant favorisent l'augmentation des populations de *T. castaneum* qui est un compétiteur très efficace des ravageurs du grain entier ou du germe des graines. Aux États-Unis, *T. castaneum* est plus répandu dans le sud qu'ailleurs.

Ennemis naturels. Divers arthropodes sont des ectoparasites de *Tribolium castaneum*. Le plus commun est l'acarien *Acarophenax tribolii* (Newstead et Duvall) qui s'accroche à son hôte et s'en nourrit; il parasite les formes de tous les stades du développement. Les acariens femelles gravides détruisent bon nombre des œufs de *T. castaneum*. Néanmoins, les acariens ne sont pas d'un grand intérêt comme moyen de lutte biologique. *Tribolium castaneum* est également l'hôte des parasites suivants: *Pyemotes (Pediculoides) ventricosus* Newport, *Blattisocius tarsalis* (Berlese), *Rhabdepyris zeae* Turner et Waterston, *Holepyris sylvanidis* (Brethes); plusieurs sporozoaires endoparasites comme *Adelina, Farinocystis* et *Nosema*, peuvent gravement menacer la survie et le bien-être de cet insecte.

Ordre: Coléoptères
Famille: Ténébrionidés

Tribolium confusum Jacquelin du Val

Nom vernaculaire: Tribolium brun de la farine

Importance économique. *Tribolium confusum* infeste les constructions de l'homme depuis 2 500 ans avant Jésus-Christ. C'est l'un des ravageurs les

plus communs et les plus destructifs des produits céréaliers transformés; il infeste plus particulièrement la farine dans les usines à provendes, les entrepôts et les magasins. Ce ravageur granivore secondaire ne s'alimente pas de graines intactes; il attaque cependant tous les types de grains brisés ou endommagés, produits moulus, farines et poussières de grains, occasionnant des millions de dollars de dommages chaque année. On le voit surtout dans les installations de production des minoteries et des boulangeries où des produits céréaliers sont transformés ou entreposés ainsi que dans les chargements de grain et de dérivés du grain en transit.

Distribution géographique. Probablement originaire d'Afrique, *T. confusum* a été transporté par l'homme dans divers produits farinacés et c'est maintenant un insecte cosmopolite. Comme il est relativement résistant au froid, on le voit semble-t-il davantage que d'autres espèces de *Tribolium* dans les lieux de latitude élevée. C'est un ravageur communément répandu dans les minoteries des pays à climat tempéré de la Méditerranée, au Canada, aux États-Unis, au Royaume-Uni et en Europe. On le considère comme un grand ravageur des produits céréaliers dans plusieurs pays, dont les suivants: Chypre, Paraguay, Espagne, U.R.S.S., Amérique du Sud, Australie, Japon et République populaire de Chine.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. Bien que *Tribolium confusum* supporte modérément bien le froid et vive de préférence dans les pays à climat tempéré, il a rarement survécu aux rigueurs de l'hiver dans les installations d'entreposage non chauffées en Angleterre et au Canada. En laboratoire, les insectes de tous les stades de développement meurent au bout de 22-25 jours à 7 °C; de 17 jours à −1,1 °C; de 12 jours de −3,9 °C à −1,1 °C; de 5 jours de −6,7 °C à −3,9 °C; et d'un jour de −9,4 °C à −6,7 °C. Néanmoins, *T. confusum* est l'un des ravageurs des produits entreposés les plus adaptables aux facteurs climatiques; avec un indice d'adaptabilité de 570, il se range au nombre des insectes les plus adaptables parmi ceux qui ont été étudiés.

Denrées infestées. Les adultes et les larves se nourrissent d'une vaste gamme de denrées: provendes de blé, farine de blé, son, farine de riz, farine de seigle, farine de maïs, farine d'orge, flocons d'avoine, épices, chocolat, noix, tabac pulvérisé, gingembre, pois, haricots, fruits séchés, graines de tabac, orme rouge, amandes, pulpe de betteraves, céréales à déjeuner, graines de céréales endommagées par des Coléoptères, graines de tournesol, graines de coton, tourteau de graines de coton, provendes, lait en poudre, riz, tourteau de carthame, graines de vesce, cerneaux, riz décortiqué, riz moulu, résidus de riz tamisé et riz de brasserie. Les larves de *T. confusum* peuvent s'attaquer aux grains entiers.

Dégâts et signes d'infestation. On peut facilement voir les adultes même dans les denrées modérément infestées; en se déplaçant, les larves creusent

des galeries dans la farine et autres produits en poudre. Les insectes produisent des quinones gazeuses dont l'odeur acide désagréable est bien reconnaissable. La pâte à pain préparée avec de la farine fortement infestée lève moins bien et ce pain présente d'autres caractéristiques: couleur variable, volume réduit, odeur désagréable et goût amer caractéristiques.

Morphologie (fig. 34). À l'état adulte, *T. confusum* mesure 2,6-5,0 mm de longueur et 1,2-1,3 mm de largeur; c'est un Coléoptère au corps ovale et plat, brun rougeâtre et luisant. On a déterminé la largeur et la longueur moyennes des trois composantes du corps de la femelle: tête, 0,82 et 0,46 mm; thorax, 1,16 et 0,88 mm; et abdomen, 1,26 et 2,56 mm. Le corps de *T. confusum* est allongé; le thorax (pronotum) est plus large que long et les côtés de l'abdomen sont parallèles. La tête et la partie supérieure du thorax sont finement et densément ponctuées. Les antennes se composent de 11 articles; les cinq derniers sont légèrement renflés en massue. La bordure de l'oeil est nettement relevée; les yeux sont très séparés et ne comportent qu'une ou deux facettes dans leur partie la plus étroite. Le 1er et le 2e intervalles des élytres sont plats ou portent une crête, mais seulement à l'apex. La femelle est légèrement plus grosse que le mâle. L'œuf est blanc et sa surface est collante; il mesure 0,58-0,74 mm de longueur et 0,30-0,41 mm de largeur. La larve, vermiforme, mince et cylindrique, mesure 1,1-7,0 mm de longueur. D'abord blanche, elle devient jaunâtre vers la fin de son développement; au premier stade larvaire, la capsule céphalique mesure 0,18-0,24 mm de longueur. La nymphe est nue; elle mesure 3,4-3,7 mm de longueur et 1,1 mm de largeur; d'abord blanche, elle devient graduellement jaune, puis brune et peu après se transforme en adulte.

Ressemblance avec d'autres insectes. *Tribolium confusum* ressemble beaucoup à *T. castaneum*; dans la description de ce dernier, on donne la liste des caractères qui permettent de les différencier.

Conditions limites et optimales de multiplication. *Tribolium confusum* se développe et se multiplie entre des limites de température de 20 °C et 38 °C et d'humidité relative de 10 % et 100 %. À 30-33 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %, les conditions sont optimales. Le taux d'accroissement maximal est de 60 par période de 28 jours. Dans du blé broyé, c'est à 32,5 °C et à un taux d'humidité de 70 % que le développement de l'œuf jusqu'à l'adulte dure le moins longtemps, soit 25 jours.

Cycle vital. La femelle peut être fertilisée dans les 20 heures qui suivent l'émergence et peut commencer à pondre ses œufs au bout de 114-126 heures d'existence. Les insectes s'accouplent fréquemment et en général, une femelle pond environ 500 œufs durant sa vie; elle peut vivre de 6 mois à 1 an (parfois 1 336 jours), pondant 1-15 œufs par jour. Au laboratoire, en conditions optimales, une femelle de capacité moyenne a produit plus de 1 400 œufs dans sa vie. Les oeufs éclosent au bout de 3,9 à 7,7 jours, à 37,5-25 °C, et

au bout de 11,5 à 30,4 jours, à 22,5-17,5 °C. Les adultes peuvent vivre entre 730 et 1 080 jours.

Le développement larvaire, qui comporte 7 ou 8 stades, dure 18-23 jours entre 35 °C et 27,5 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %, lorsque les larves sont nourries de blé broyé. Le stade nymphal dure de 4,9 à 7,7 jours, entre 37,5 °C et 27,5 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %, et de 10,3 à 21,6 jours entre 25 °C et 20 °C. Selon une étude réalisée en laboratoire, le développement de l'œuf jusqu'à l'adulte dure 54 jours à 24 °C, 28 jours à 29 °C et 26 jours à 34 °C. Naturellement, la durée du développement varie considérablement selon la denrée nourricière et les facteurs physiques; les vitamines B sont essentielles à cet insecte pour qu'il se développe complètement. *T. confusum* se développe plus rapidement dans l'avoine broyée que dans le blé ou l'orge broyé. Il peut aussi se développer complètement en se nourrissant exclusivement de champignons parasites des graines. On a mesuré la durée du développement de l'œuf jusqu'à l'adulte dans des élevages nourris avec certains champignons et conservés à 31 °C et à un taux d'humidité relative de 70 %; on a compté 40 jours dans des cultures de *Nigrospora sphaerica*, 52 jours dans des cultures d'*Alternaria alternata* et 28 jours dans un mélange de farine et de levure de bière (19:1, témoin).

Écologie. Chez cette espèce, la température, l'humidité relative, la valeur nutritive des denrées nourricières, la surpopulation et les pertes d'œufs à cause du cannibalisme sont les principaux facteurs limitants qui ont un effet déterminant sur le taux de naissance et de mortalité ainsi que sur la fréquence des infestations. Les adultes et les larves mangent tous deux les œufs et les nymphes de leur propre espèce et s'attaquent parfois à ceux d'autres espèces. Les femelles ont une plus forte tendance au cannibalisme que les mâles. Les adultes ont des ailes bien développées, mais ils ne volent pas. Les insectes sont actifs toute l'année et, souvent, des groupes importants rampent un peu partout, infestant tous les produits alimentaires secs entreposés dans les bâtiments protégés et chauffés. Les adultes peuvent vivre sans nourriture pendant 14-18 jours et parfois jusqu'à 54 jours.

Tribolium confusum produit des quinones dans des glandes abdominales et thoraciques; ces sécrétions odorantes peuvent faire rosir la farine infestée et détruire des populations entières de Coléoptères confinées dans un espace fermé pratiquement, sinon complètement, étanche où la nourriture est rare ou inexistante. Absorbées dans la nourriture, les quinones éloignent aussi les Coléoptères. Elles ont la même composition chimique que les sécrétions produites par *T. castaneum*. Le potentiel de reproduction de *T. confusum* est élevé. On estime qu'en conditions favorables un mâle et une femelle peuvent produire plus d'un million de rejetons en 150 jours.

Ennemis naturels. *Tribolium confusum* est l'hôte de plusieurs parasites externes et internes. Parmi les principaux endoparasites qui l'attaquent, mentionnons les suivants: *Farinocystis tribolii* Weiser, *Egregarinina, Adelina tribolii, Nosema, Raillietina* et *Hymenolepis* (vers cestodes). Enfin, au nombre des acariens et insectes ectoparasites, citons: *Acarophenax tribolii,*

Pyemotes ventricosus, Rhabdepyris zeae Turner et Waterston et *Holepyris Sylvanidis* (Brethes).

Ordre: Coléoptères
Famille: Ténébrionidés

Tribolium destructor Uyttenboogaart

Synonyme: *Aphanotus (Tribolium) destructor* (Uyttenboogaart)
Nom vernaculaire: Tribolium de la farine

Importance économique. On a découvert *T. destructor* dans des graines de violettes à Erfurt (Allemagne) en 1933 et c'est en 1934 que Uyttenboogaart en a fait la description. En vingt ans, cet insecte est devenu un important ravageur au point de vue économique; il infeste les céréales moulues, les produits de boulangerie et les produits alimentaires en emballage dans les minoteries, les silos et autres installations d'entreposage en Suède et dans le nord de l'Europe et, dans une moindre mesure, en Grande-Bretagne, en Europe, en U.R.S.S., dand l'ouest des États-Unis et au Canada. *Tribolium destructor* ne peut se développer sur des graines intactes; néanmoins, au Canada, il est bien connu comme ravageur mineur de la farine et des provendes, produits qu'il infeste à intervalles irréguliers dans les minoteries et les entrepôts. Dans les habitations, c'est également un ravageur mineur des produits à base de céréales moulues. Il semble que son rôle ait changé dans certains pays du nord de l'Europe; ainsi, au Danemark, il s'est davantage répandu dans les habitations que dans les installations d'entreposage au cours des trente dernières années.

Distribution géographique. *Tribolium destructor* est un insecte cosmopolite, mais on le voit surtout dans le nord de l'Europe. On l'a signalé dans les pays suivants: Suède, Norvège, Danemark, Pays-Bas, République fédérale d'Allemagne, Yougoslavie, U.R.S.S., France, Italie, Royaume-Uni, Canada, États-Unis, Argentine, Israël, Arabie Saoudite, Éthiopie, Inde et République populaire de Chine. Au Canada, il infeste sporadiquement les minoteries et les habitations depuis 1936, habituellement en Alberta, au Manitoba, en Saskatchewan, en Ontario et au Québec.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Tribolium destructor* est adapté aux conditions climatiques des pays tempérés, mais il est relativement sensible au froid et ne peut hiverner dans les bâtiments d'entreposage non chauffés (température minimale de -7 °C et -2 °C) en Suède et en Angleterre. En Suède, à une température de 0,5 à 5 °C, tous les stades de développement sont détruits en un mois; de même, tous les stades de développement meurent en 40 jours à 3,5 °C, ou en 10 jours à -2 °C; les adultes et les larves meurent en trois jours à -6 °C. *Tribolium destructor* peut cependant vivre lorsque

l'humidité relative et les ressources nutritives sont défavorables. Les adultes peuvent vivre jusqu'à deux ans dans un milieu chaud et sec (blé à teneur en eau de 10,8 %). À 50 °C, les larves et les œufs ne vivent que 15 et 5 minutes respectivement.

Denrées infestées. *T. destructor* se nourrit de céréales, d'oléagineuses, de fruits séchés, de flocons de pommes de terre et de divers produits alimentaires entreposés.

Dégâts et signes d'infestation. *Tribolium destructor* cause des dommages directs semblables à ceux que provoque *T. confusum*. Les produits infestés s'imprègnent d'une odeur de désinfectant prononcée et désagréable et deviennent rapidement inutilisables. Les adultes produisent des sécrétions qui contiennent des 2-méthyl- et 2-éthyl-1,4-benzoquinones. Souvent c'est dans des sacs vides contaminés par des denrées infestées que cette espèce se propage; les adultes et les larves sont actifs (les adultes volent rarement) et se promènent dans les interstices des matériaux d'emballage et des murs. On détecte les infestations en inspectant ces endroits. Le pain préparé avec de la farine de blé très infestée est de qualité inférieure; de volume réduit, il a un goût et une odeur désagréables caractéristiques, et la mie est très foncée.

Morphologie. Au stade adulte, ce Coléoptère est noir ou brun très foncé et luisant; les appendices sont d'un ton rougeâtre plus clair. Il mesure 4,5-5,7 mm de longueur et 1,4-1,8 mm de largeur dans l'axe transversal des élytres. On différencie les 7 ou 8 stades larvaires (I-VIII) par la largeur (limites de variation et moyenne, en microns) de la capsule céphalique: I, 195-255, 215; II, 256-308, 285; III, 308-369, 348; IV, 374-543, 450; V, 564-682, 630; VI, 692-820, 775; VII, 815-917, 855; VIII, 897-1 026, 948. Au dernier stade, les larves errent et grimpent partout comme si elles cherchaient quelque chose. Au terme de cette «errance», qui souvent peut durer 5 jours, elles se nymphosent. Elles recommencent toutefois à errer si elles sont dérangées par d'autres larves et la nymphose est ainsi différée, parfois jusqu'à 5 semaines.

Ressemblance avec d'autres insectes. *Tribolium destructor* ressemble par son aspect général à *T. confusum* et *T. castaneum*, mais on peut le reconnaître à sa plus grande taille (les deux autres mesurent au maximum 4,4 mm de longueur) et sa coloration plus foncée, presque noire. Les antennes s'élargissent graduellement vers l'apex en une massue de cinq ou six articles plus ou moins bien formée; une crête proéminente surplombe chacun des yeux sur la tête. Les yeux de *T. destructor* et de *T. confusum* comportent une ou deux facettes dans leur partie la plus étroite comme chez *Alphitobius lævigatus*.

Conditions limites et optimales de multiplication. Le développement de *T. destructor* s'accomplit au complet à 13-30 °C et à un taux d'humidité relative

variant entre 10 % jusqu'à près de 100 %. À 24-28 °C et à un taux d'humidité relative de 70-75 %, les conditions sont optimales pour le développement de l'œuf jusqu'à l'adulte.

Cycle vital. La femelle pond ses œufs séparément dans de la farine ou d'autres produits en poudre; habituellement, une femelle pond 1,6 œuf par jour. Entre l'émergence et la ponte s'écoule une période de maturation sexuelle durant laquelle les adultes se nourrissent. Cette période varie de 3-4 mois, à 12-16 °C, à 1-2 semaines, à 25-30 °C. Les insectes s'accouplent plusieurs fois durant leur vie adulte et peuvent même s'accoupler jusqu'à 18 mois après l'émergence; l'accouplement répété n'est cependant pas nécessaire pour qu'il y ait production normale d'œufs fertiles. Les femelles non fertilisées pondent des œufs, mais aucun n'éclot. On a déterminé le nombre d'œufs pondus par femelle dans des élevages de couples de mâles et de femelles nourris avec de la farine de blé et de la farine de seigle conservés à un taux d'humidité relative de 70-75 %; on en a compté 73-129 à 13-15 °C, 585-883 à 14-21 °C, 400-1 239 à 25-26 °C, 236-526 à 28 °C et 0-80 à 30,5-31,5 °C; à cette dernière température les œufs n'ont pas éclos. La ponte peut durer jusqu'à 970 jours à 14-21 °C. Dans une farine à taux d'extraction de 85 %, une femelle peut pondre jusqu'à 1 299 œufs, dont 68 % seraient fertiles. C'est à 28 °C que le maximum d'œufs éclosent, soit 80 %; à 13,5-14°C, seulement 10 % des œufs éclosent. Le développement de l'œuf jusqu'à l'adulte dure 39 jours, à 30,5-31,5 °C, et 212 jours, à 15-17 °C. À 19-20 °C, les œufs n'éclosent qu'au bout de 12 jours, la période larvaire dure 70 jours et le stade nymphal, 17 jours; au total, le développement dure 99 jours. Les adultes vivent longtemps après que les activités de reproduction sont terminées. Un couple élevé dans de la farine à 15-17 °C a vécu environ 4 ans, mais c'est un cas isolé. La durée du développement de l'œuf jusqu'à l'adulte varie également selon la composition des denrées nourricières. Ainsi, dans des élevages nourris au son et à la farine de blé conservés à 24 °C, le développement dure 3 mois; cependant, dans les populations élevées dans des arachides, des noisettes, des amandes, du maïs ou du blé éclaté, le développement peut prendre jusqu'à 7,5 mois. Le développement des insectes nourris avec des grains de blé brisés en deux peut s'accomplir en 150 jours ou plus, mais dans le blé finement moulu, il peut prendre moins de 150 jours. Les adultes vivent de 290 à 730 jours, parfois 3 ou 4 ans. En général, la chaleur réduit la longévité et le froid l'augmente. Il y a habituellement deux ou trois générations par année.

Écologie. *Tribolium destructor* se propage rapidement dans les maisons où il se déplace en rampant et pénètre sans difficulté dans les garde-robes, les garde-manger et les armoires. Il peut se nourrir de cadavres d'insectes comme *Ephestia kuehniella*, qui lui fournissent suffisamment de ressources nutritives pour que son développement s'accomplisse au complet. Souvent, les matérieux d'isolation des maisons comme la laine de verre et les panneaux de fibres de bois ou de liège peuvent être endommagés par les larves qui s'y nymphosent. C'est principalement dans les produits infestés à l'entreposage

que *T. destructor* est réintroduit dans les maisons. En général, cet insecte infeste les stocks contenant une forte proportion de grains brisés ou dont la teneur en eau est élevée. Souvent, il vit pendant des périodes prolongées sans nourriture ou presque dans divers types de marchandises comme des fourrures ou des textiles ou dans des stocks de grains de seigle, d'orge ou d'avoine intacts.

Ennemis naturels. Dans le grain, l'acarien *Cheyletus eruditus* (Schrank) attaque les o eufs et les jeunes larves de *T. destructor*. Ce dernier est en outre parfois parasité par *Pyemotes ventricosus* (Newport). En U.R.S.S., il est l'hôte intermédiaire du ver *Hymenolepis nana* Siebold, un cestode très répandu parasite de l'homme dont le cycle vital peut se dérouler entièrement chez le même hôte. Les larves peuvent être infectées par des endoparasites comme la microsporidie *Nosema whitei* Weiser et la coccidie *Adelina tribolii* Bhatia. L'aphidien *Entomophthora virulenta* Hall & Dunn parasite les larves matures. La grégarine *Didymophyes minuta* (Ishii) Watson s'attaque aussi aux larves.

Ordre: Coléoptères
Famille: Ténébrionidés

Tribolium madens (Charpentier)

Synonyme: *Tenebrio madens* Charpentier. Selon D.G.H. Halstead, en Angleterre, l'insecte identifié comme *T. madens* avant 1968 en Amérique du Nord n'est pas le véritable *T. madens*, car celui-ci ne se trouve que dans l'ancien monde.

Importance économique. *Tribolium madens* est un ravageur secondaire des denrées entreposées. Il est répandu dans les minoteries et les entrepôts de certains pays du nord et de l'est de l'Europe, particulièrement en Tchécoslovaquie et en Yougoslavie où il ravage les produits céréaliers. Dans l'est du Canada, on le trouve fréquemment dans la farine transportée dans des wagons fermés et aux États-Unis, on le signale à l'occasion dans le grain. Le pain produit avec de la farine de blé infestée depuis un mois a un goût et une odeur de *p*-benzoquinone caractéristiques. Souvent *T. madens* s'installe en permanence dans une ruche et ravage considérablement les réserves de pollen. En milieu naturel, il vit sous l'écorce des arbres.

Distribution géographique. *Tribolium madens* est un ravageur cosmopolite, mais il est plus répandu dans l'ancien monde que dans le nouveau. Parmi les pays où il a été correctement identifié, mentionnons les suivants: France, Pologne, Tchécoslovaquie, Bulgarie, Autriche, République fédérale d'Allemagne, Hongrie, Yougoslavie, Grèce, U.R.S.S., Maroc, Égypte, Portugal, Inde, Finlande (importé), États-Unis et Canada (wagons fermés).

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Tribolium madens* est modérément résistant au froid; il est adapté au climat tempéré. En Yougoslavie, un grand nombre peut survivre par des températures de 3-6 °C et hiverner dans les minoteries et les installations d'entreposage non chauffées. Il ne peut se développer qu'entre d'étroites limites de température. Dans les pays à climat tempéré, il hiverne au stade larvaire (grosse larve) en phase de repos (diapause).

Denrées infestées. *Tribolium madens* se nourrit surtout de produits céréaliers, mais en milieu naturel il infeste le bois et l'écorce pourris. On l'a trouvé dans les produits suivants: fractions de mouture dans des minoteries, provendes à base de blé et pollen d'abeille.

Dégâts et signes d'infestation. Dans les minoteries, les stocks infestés se détériorent; les denrées dégagent une odeur désagréable et sont contaminées par des restes d'insectes et des excréments. Autant qu'on sache, *T. madens* n'attaque pas les graines de céréales intactes.

Morphologie (fig. 35). Au stade adulte, ce Coléoptère robuste est noir ou brun très foncé, terne ou luisant. Il mesure 3,9-5,1 mm de longueur et 1,5-1,9 mm de largeur. Les pattes et les antennes sont brun ou brun foncé. Le rapport entre la longueur et la largeur du corps est de 2,7. La larve, brun foncé, porte quelques soies sur les pattes. Sur les segments abdominaux, il y a de nombreuses soies courtes, irrégulièrement distribuées dont la base est peu visible; les soies de la base sont beaucoup plus longues que celles de l'apex. Chez la nymphe, les segments abdominaux portent une longue soie de chaque côté et de nombreuses soies courtes.

Ressemblance avec d'autres insectes. Comme *T. madens* est très proche de *Tribolium audax* par sa couleur et son aspect général, on a longtemps confondu ces deux insectes. On peut cependant les différencier d'après la forme du corps, les ponctuations entre les yeux, la grosseur de ceux-ci et la distance qui les sépare ainsi que par la forme du pronotum, des élytres et des organes génitaux du mâle. Des tentatives de croisement en laboratoire entre *T. madens* et *T. audax* n'ont donné que quelques hybrides inféconds. D.G.H. Halstead a résumé les caractéristiques de ces deux espèces:

Chez *T. madens*, le corps est plus grand, mesurant 3,89-5,09 mm de longueur. Il est moins allongé et plus robuste. Les ponctuations entre les yeux sont moins denses et espacées latéralement d'une à deux largeurs. La grosseur et l'espacement ventral entre les yeux sont plus gros et sont espacés de 1,6-2,3 fois le diamètre ventral transversal. Le pronotum est généralement plus transverse et plus convexe. Le scutellum est plus large. Le fémur antérieur du mâle comporte une dépression sétifère sub-basale. Les élytres sont moins allongés. Le rapport longueur:largeur est: 1,7-1,8:2,0. Les organes génitaux du mâle ont un apex fortement émarginé. L'édéage possède des paramères à côtés sinueux, légèrement incurvés ventralement. L'apex du sternite

périphallique (VIII) est très émarginé. Les sclérites et la couleur du tergum sont brun foncé. Les tergites abdominaux ont relativement peu de soies longues. Les soies basales sont beaucoup plus longues que les soies apicales; nombreuses soies courtes irrégulièrement distribuées. La base des soies n'est pas visible. Les cerques sont légèrement moins minces et moins incurvés. Tous les tergites abdominaux sont dotés d'une longue soie simple de chaque côté et de nombreuses soies courtes.

Chez *T. audax* les dimensions du corps sont plus petites, mesurant 2,84-4,47 mm de longueur. Le corps est plus allongé et moins robuste. Les ponctuations entre les yeux sont denses, souvent médianes et confluentes, généralement espacées latéralement d'une largeur ou moins. La grosseur et l'espacement ventral des yeux sont plus petits et sont espacés de 2,6-3,7 fois le diamètre ventral transversal. Le pronotum est généralement moins transverse et moins convexe. Le scutellum est plus étroit. Le fémur antérieur du mâle est simple. Les élytres sont plus allongés. Le rapport longueur:largeur est 1,8-1,9:1,0. Les organes génitaux du mâle possèdent un sternite périphallique dont l'apex est modérément émarginé. L'édéage possède des paramères à côtés presque droits non incurvés ventralement; sternite périphallique (VIII) légèrement émarginé. Les sclérites et le tergum sont brun très foncé (larve la plus foncée de tous les *Tribolium* spp.). Les tergites abdominaux sont disposés en rangées apicale et basale. De chaque côté de la ligne médiane, de courtes soies semblent appariées. Les soies basales sont généralement plus longues que les soies apicales. Il y a quelques soies très petites, irrégulièrement distribuées. La base des soies est bien visible. Les cerques (urogomphes) sont légèrement plus minces et incurvés. Les longues soies des tergites abdominaux des nymphes sont disposées en rangées apicale et basale. Les soies disposées en paire, sont près de la ligne médiane comme chez la larve. La deuxième soie de la rangée basale, de chaque côté de la ligne médiane est plus longue que les autres.

Conditions limites et optimales de multiplication. Le développement complet de *T. madens* s'accomplit dans les limites suivantes: température de 22-35 °C et taux d'humidité relative de 10-90 %. La température et le taux d'humidité relative minimaux auxquels *T. madens* peut se développer sont intermédiaires entre les valeurs mesurées pour *T. confusum* et *T. castaneum*. La température maximale à laquelle *T. madens* peut se développer est inférieure à 37,5 °C, ce qui est plus bas que les valeurs mesurées pour les autres espèces. À 30-35 °C et à un taux d'humidité relative de 65-90 %, les conditions sont optimales pour le développement de l'œuf jusqu'à l'adulte; le cycle vital dure 25-30 jours.

Cycle vital. On a mesuré en conditions favorables (32-35 °C et humidité relative de 70 %) la durée (en jours) des divers stades du développement: œuf, 3-4; stades larvaires, 19-22; nymphe, 5-6; de l'œuf jusqu'à l'adulte, 25-30 jours. À chaque degré de température, de 25 à 35 °C, la durée totale du développement augmente à mesure que diminue l'humidité relative; à chaque valeur d'humidité, sauf à 50 %, la période de développement s'allonge

lorsque la température baisse. *T. madens* ne se reproduit pas par parthénogénèse.

Écologie. On sait très peu de choses sur l'écologie de *Tribolium madens*, si ce n'est qu'en Europe on trouve cet insecte sous l'écorce des arbres, dans les ruches et dans le bois pourri et que c'est un ravageur important bien établi dans les minoteries et les installations d'entreposage. Au Canada, on le trouve dans la farine et le grain transportés dans les vieux wagons couverts. Les extrémités intérieures de ces wagons étant constituées d'un assemblage de pièces de bois à rainure et languette, il y a un espace caché entre le bois et la paroi d'acier extérieure. Des débris s'accumulent dans cet espace et, s'il n'y a aucune perturbation, divers ravageurs des denrées entreposées viennent s'y reproduire, dont *T. madens, T. audax* et *T. castaneum*. Ainsi, le wagon et le grain qui s'y trouve peuvent être réinfestés.

Ennemis naturels. Le sporozoaire *Farinocystis tribolii* est l'un des endoparasites les plus fréquemment observés chez *T. madens*. Dans les élevages infectés, les adultes sont généralement peu nombreux et l'on trouve beaucoup de nymphes et de larves mortes ou moribondes; on voit souvent des taches foncées sur les segments postérieurs des larves attaquées. En laboratoire, ce parasite peut pratiquement détruire une population de *T. madens*.

Ordre: Coléoptères
Famille: Dermestidés

Trogoderma granarium Everts

Nom vernaculaire: Dermeste des grains

Importance économique. *Trogoderma granarium* est l'un des ravageurs des denrées alimentaires les plus redoutables dans le monde; il infeste les céréales entières et moulues, les oléagineuses, les produits de maltage, le copra et divers autres produits. C'est un grand ravageur au point de vue économique, car il est vorace et provoque l'échauffement des céréales qu'il infeste, il peut vivre jusqu'à trois ans sans nourriture, il peut se développer dans des denrées dont la teneur en eau n'est que de 2 % et il est relativement résistant aux insecticides ainsi qu'à bon nombre de fumigants. Il peut gâter entre 2 et 73 % des céréales infestées et si rien ne vient perturber les populations pendant un certain temps, le grain peut être détruit à 100 %. C'est en Inde, en 1894, qu'on a signalé ce ravageur pour la première fois. On dit qu'il a détruit 6 ou 7 % du blé gardé dans les entrepôts. En 1921, il était devenu un grand ravageur dans les malteries de Grande Bretagne et d'Allemagne. Entre 1955 et 1961, le gouvernement américain a dépensé 9 millions de dollars pour l'éliminer de la Californie, du Texas, de l'Arizona et du Nouveau-Mexique où il est apparu après la Seconde Guerre mondiale.

Distribution géographique. *Trogoderma granarium* prospère dans les bâtiments non chauffés de la plupart des pays d'Afrique, du Moyen-Orient et du sud de l'Asie. Dans les pays tempérés, on le trouve dans les installations spécialisées chauffées ou encore, les populations sont renouvelées par réinfestation, les insectes arrivant dans les produits importés de pays tropicaux et subtropicaux comme l'Angola, le Bangladesh, la Gambie, la Guinée, la Côte d'Ivoire, la Jamaïque, la Mauritanie, l'Île de la Réunion et la Sierra Leone. Il peut prospérer dans plusieurs pays où on l'a déclaré éliminé comme le Mexique, l'Afrique du Sud, la Tanzanie (partie continentale) et les États-Unis. Dans certains pays, il est encore considéré comme un grand ravageur du blé et d'autres céréales, notamment à Chypre, en Iraq, au Pakistan, en Inde et au Soudan. On ne le trouve pas au Canada, ni en Amérique du Sud, au nord de l'Europe, en Australie, en Micronésie, en Nouvelle-Guinée et en Éthiopie.

Adaptabilité aux facteurs climatiques. *Trogoderma granarium* résiste très bien au froid; il peut aussi vivre à la chaleur et à un taux d'humidité relative exceptionnellement bas. Les larves sont immobilisées à 8 °C, mais elles peuvent vivre un an à une température de 2 à 4 °C. Les refroidissements alternés de périodes de réchauffement détruisent plus de larves que l'exposition ininterrompue au froid; la plupart des larves peuvent vivre 3 jours à − 10 °C. Bien que *T. granarium* résiste au froid, son indice d'adaptabilité n'est que de 131, par comparaison à 190 pour *Rhyzopertha dominica*, qui vit également dans les milieux chauds et secs. *Trogoderma granarium* est généralement l'insecte dominant dans les milieux chauds et exceptionnellement secs; il peut se reproduire dans des denrées dont la teneur en eau est de 2 % seulement, ce qui est exceptionnel parmi les grands ravageurs, et lui permet de supplanter des compétiteurs comme *R. dominica, Sitophilus granarius* ou *Tribolium castaneum*. On suppose, et souvent les données sur les infestations l'on confirmé, que *T. granarium* prospère dans les régions où la température mensuelle moyenne est supérieure à 20 °C et le taux d'humidité relative moyen dépasse 50 % pendant au moins quatre mois dans l'année.

Denrées infestées. La larve de *T. granarium* se nourrit des produits suivants: blé, orge, avoine, seigle, maïs, riz, légumineuses, copra, arachides, tourteau d'oléagineuses, farine, son, malt, graines de lin, graines de luzerne, graines de tomates, haricots divers, doliques, sorgho, paille, tourteaux de noix, foin de luzerne, cerneaux, pâtes alimentaires, tourteau de graines de coton et fruits séchés. Les larves dont le développement est avancé se nourrissent de graines entières, tandis que celle des premiers stades larvaires mangent des graines brisées ou endommagées.

Dégâts et symptômes d'infestation. Les infestations de *Trogoderma granarium* se reconnaissent par la présence de nombreuses larves (stade le plus long du développement) et d'exuvies à proximité des 30 premiers centimètres de la masse de denrées infestées. À elle seule, une larve femelle con-

somme de 0,136 mg à 0,770 mg de nourriture par jour, soit le double de la consommation de la larve mâle. On trouve occasionnellement des larves dans les couches profondes de la masse de grain, parfois jusqu'à 3,6 mètres. Les larves mangent d'abord le germe des graines de céréale, puis dévorent l'endosperme; l'enveloppe est rongée de façon irrégulière. En raison de leur grande activité, les insectes font chauffer le grain et le polluent de leurs chiures, exuvies et excréments. Souvent l'infestation fait monter la teneur en eau et en acides gras libres du blé.

Morphologie. Au stade adulte, ce Coléoptère noir brunâtre, de forme ovale, mesure 1,5-3,0 mm de longueur. Le corps et les élytres sont couverts d'une fine pubescence leur donnant l'aspect du velours. En bougeant, l'insecte perd graduellement ses poils sous l'effet du frottement et à la longue, son corps devient lisse. Il porte une frange de poils bruns à l'extrémité de l'abdomen. La femelle est plus grosse (2-3 mm) que le mâle (1,5-2 mm) et d'une couleur plus claire. La coloration de son corps ne présente pas de différences marquées. Chez le mâle par contre, la tête, le thorax et l'extrémité de l'abdomen sont noir brunâtre, tandis que les élytres et les appendices sont d'un ton plus clair. Les antennes s'insèrent dans des sillons. L'œuf, blanc et translucide, a la forme d'un cylindre étroit arrondi à une extrémité. La larve, brun jaunâtre (blanc jaunâtre à l'éclosion), est couverte de longues soies et porte une touffe de longs poils érectiles à l'extrémité du corps. À maturité, la larve devient brun rougeâtre; elle mesure 4,5 mm de longueur. La nymphe est d'un brun plus clair que les larves. La nymphe femelle mesure environ 6 mm de longueur; elle est presque complètement enclose dans la dernière dépouille larvaire. La nymphe mâle est plus petite.

Ressemblance avec d'autres insectes. *Trogoderma granarium* ne peut être confondu avec les autres insectes ravageurs des denrées entreposées, à l'exception de ceux qui appartiennent au même genre. Seul un spécialiste en taxonomie est en mesure d'identifier positivement les larves.

Conditions limites et optimales de multiplication. Le développement et la multiplication sont possibles entre 24 °C et 41 °C et au taux d'humidité relative minimum de 1 %; à l'occasion, l'insecte peut même se développer à 15 °C. La température optimale se situe entre 30 °C et 37 °C. Le taux d'accroissement maximal est de 12,5 par période de 28 jours.

Cycle vital. La femelle, qui vit 10-19 jours, pond jusqu'à 126 œufs qu'elle dépose séparément. Les œufs éclosent au bout de 3 à 26 jours et les jeunes larves se nourrissent de graines endommagées. Lorsque les conditions sont défavorables, les larves peuvent entrer en diapause, étape facultative durant laquelle l'activité est interrompue; elles peuvent ainsi se passer de nourriture pendant plusieurs mois, voir jusqu'à six ans. Lorsqu'il n'y a pas de diapause, le développement larvaire se déroule normalement en 26-87 jours et le stade nymphal dure 2-23 jours; la larve se nymphose près de la surface des denrées

infestées. Le développement de l'œuf jusqu'à l'adulte dure 25-29 jours, à 34-35 °C, et jusqu'à 310 jours à 21 °C; il peut prendre plusieurs années si les larves entrent en diapause. Les adultes ne volent pas; ils vivent de 3 à 19 jours, selon la saison. En Inde, il y a quatre ou cinq générations par année.

Écologie. Les adultes n'infestent pas les cultures dans les champs. En milieu naturel, la propagation se fait habituellement par les larves, qui rampent et restent accrochées par leurs poils à des sacs ou à d'autres objets. Elles sont aussi disséminées par le vent, les oiseaux, d'autres insectes et surtout par l'homme. Cachées dans les anfractuosités et les fissures, dans les camions, les wagons fermés et les cales de bateau, elles peuvent provoquer de nouvelles infestations. Les larves en diapause possèdent une remarquable capacité d'endurance qui leur permet de survivre lorsque la nourriture manque, que les excréments s'accumulent dans les denrées nourricières ou que la température baisse. Avant d'entrer dans cette étape d'inactivité, elles rampent jusqu'aux fissures qu'elles trouvent dans les structures des installations infestées. Dans les infestations multiples, *T. granarium* peut supplanter *Sitophilus oryzae* à condition que la température soit élevée (32-44 °C) et que le grain contienne peu d'eau (9,51 à 15,5 %). Les rôles sont renversés si la température est plus basse (28-34 °C) et la teneur en eau est plus élevée (11,5-16 %). *Trogoderma granarium* peut devenir très répandu dans les régions très chaudes, car la chaleur favorise sa propagation. À cause de la chaleur générée par le métabolisme des insectes, la température demeure optimale dans les gros volumes de grains (jusqu'à 2 500 t) très infestés, de sorte que les populations sont protégées des effets de la température ambiante pratiquement toute l'année. Grâce à ce réchauffement, la température dans la couche de grains près de la surface devient super-optimale (40-42 °C), de sorte qu'un plus grand nombre d'insectes peuvent y vivre.

Ennemis naturels. Les œufs de *T. granarium* sont dévorés par un acarien, *Pyemotes tritici* (Lagrèze-Fossat et Montané) (Newport). Les larves sont attaquées par un parasite de la famille des Béthylidés, *Choetospila elegans* Westwood, un cheylète, *Acaropsis* sp., et certaines espèces d'araignées.

BIBLIOGRAPHIE

Abramson, D.; Sinha, R.N.; Mills, J.T. 1980. Mycotoxin and odor formation in moist cereal grain during granary storage. Cereal Chem. 57:346–351.

Adem, E.; Uribe, R.M.; Watters, F. L. 1978. Responses of *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) to gamma radiation from CO 60. Can. Entomol. 111:1111–1114.

Adem, E.; Watters, F.L.; Vribe-Rendon, R. 1978. Co.. parison of CO 60 gamma radiation and accelerated electrons for suppressing emergence of *Sitophilus* spp. in stored maize. J. Stored Prod. Res. 14:135–142.

Anderson, J.A.; Alcock, A.W. 1954. Storage of cereal grains and their products. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 515 p.

Arbogast, R.T.; Carthon, M. 1971. Humidity response of the larvae of *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Cucujidae) Ann. Entomol. Soc. Am. 64: 90–93.

Asian Productivity Organization. 1970. Training manual: Training in storage and preservation of food grains. APO Secretariat, Tokyo, Japan. 307 p.

Asian Productivity Organization. 1974. Training manual: Post harvest prevention of waste and loss of food grains. APO Production Unit, Manila, Philippines. 358 p.

Auclair, J.L. 1959. Life history, effects of temperature and relative humidity, and distribution of the Mexican bean beetle, *Epilachna varivestis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) in Quebec, with a review of the pertinent literature in North America. Ann. Soc. Entomol. Que. 5:18–43.

Back, E.A.; Cotton, R.T. 1926. The cadelle. U.S. Dep. Agric. Dep. Bull. 1428. 41 p.

Banks, H.J. 1979. Identification of stored product *Cryptolestes* spp. (Coleoptera: Cucujidae): A rapid technique for preparation of suitable mounts. J. Aust. Entomol. Soc. 18:217–222.

Bansode, P.C.; Campbell, W.V. 1979. Evaluation of North Carolina field strains of the red flour beetle for resistance to malathion and other organophosphorus compounds. J. Econ. Entomol. 72:331–333.

Barak, A.V.; Dunkel, F.V.; Harein, P.K. 1981. Emergence of the larger black flour beetle as a major pest of farm-stored grain in Minnesota. J. Econ. Entomol. 74:726–729.

Barker, P.S. 1975. Control of *Tribolium castaneum* (Herbst) adults and *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) adults and eggs with hydrogen phosphide in grain at temperatures between 1° and 11°C. Manit. Entomol. 9:23–27.

Battu, G.S.; Bains, S.S.; Atwal, A.S. 1975. Natural enemies of *Trogoderma granarium* Everts infesting wheat in the rural stores in the Punjab. Bull Grain Technol. 13:52–55.

Becker, E.C. 1982. The European *Tribolium madens* (Charpentier) in North America (Tenebrionidae). Coleopt. Bull. 36:166–169.

Beeman, R.W.; Speirs, W.E.; Schmidt, B.A. 1982. Malathion resistance in Indian meal moths (Lepidoptera: Pyralidae) infesting stored corn and wheat in the north-central United States. J. Econ. Entomol. 75:950–954.

Bell, C.H. 1975. Effect of temperature and humidity on development of four pyralid moths pests of stored products. J. Stored Prod. Res. 11:167–175.

Bell, C.H. 1976*a*. The tolerance of developmental stages of four stored product moths to phosphine. J. Stored Prod. Res. 12:77–86.

Bell, C.H. 1976*b*. The tolerance of immature stages of four stored product moths to methyl bromide. J. Stored Prod. Res. 12:1–10.

Bell, R.J.; Watters, F.L. 1982. Environmental factors influencing the development and rate of increase of *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) on stored maize. J. Stored Prod. Res. 18:131–142.

Benazet, J. 1981. The Canadian grain delivery system. Report distributed at the North American Plant Protection Organization annual meeting, Oaxaco, Mexico, 7–10 October, 1981. 13 p.

Beratlief, C.; Hustiu, I.; Tiliuca, R.; Perca, E. 1973. Experiments with smoke malathion-generator based formulations for controlling the pests of stored products. An. Inst. Cerecet. Prot. Plant. 9:433–447.

Bindra, O.S.; Sidhi, T.S. 1975. Effectiveness of malathion as a protectant for stored maize grain. Pesticides (Bombay) 9:23–26.

Birch, L.C. 1957. The role of weather in determining the distribution and abundance of animals. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 22:203–218.

Birch, L.C. 1960. Experimental background to the study of the distribution and abundance of insects. I. The influence of temperature, moisture and food on the innate capacity for increase of three grain beetles. Ecology 34:698–711.

Bond, E.J.; Munroe, H.A.U.; Dumas, T.; Benazet, J.; Turtle, E.E. 1972. Control of insects in empty cargo ships with dichlorvos. J. Stored Prod. Res. 8:11–18.

Borah, B.; Chahal, B.S. 1979. Development of resistance in *Trogoderma granarium* Everts. to phosphine in the Punjab. FAO Plant Prot. Bull. 27:77–80.

Bronswijk, van, J.E.M.H.; Sinha, R.N. 1971. Interrelations among physical, biological and chemical variates in stored grain ecosystems; a descriptive and multivariate study. Ann. Entomol. Soc. Am. 64:789–803.

Brooker, D.B.; Bakker-Arkema, F.W.; Hall, C.W. 1974. Drying cereal grains. AVI, Westport, CT. 265 p.

Burges, H.D.; Haskins, K.P. 1964. Life-cycle of the tropical warehouse moth *Cadra cautella* (Wlk.) at controlled temperature and humidity. Bull. Entomol. Res. 55:775–789.

Calderon, M. 1981. The ecosystem approach for apprehending the extent of postharvest grain losses. Phytoparasitica 9:157–167.

Campbell, A.; Singh, N.B.; Sinha, R.N. 1976. Bioenergetics of the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Can. J. Zool. 54:786–798.

Campbell, A.; Sinha, R.N. 1975. Damage of wheat by feeding of some stored product beetles. J. Econ. Entomol. 69:11–13.

Campbell, W.V.; Brett, C.H. 1966. Varietal resistance of beans to the Mexican bean beetle. J. Econ. Entomol. 59:899–902.

Canadian International Grains Institute. 1982. Grains and oilseeds handling, marketing, processing. 3rd ed. Canadian International Grains Institute, Winnipeg, Man. 1006 p.

Carter, S.W.; Chadwick, P.R.; Wickham, J.C. 1975. Comparative observations on the activity of pyrethroids against some susceptible and resistant stored products beetles. J. Stored Prod. Res. 11:135–142.

Casas, De Las E. 1977. Stored product insects and microorganisms in grain ecosystems. Minn. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 310:31–34.

Champ, B.R.; Dyte, C.E. 1976. Report of the FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. FAO Plant Prod. Prot. Ser. No. 5. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 297 p.

Chaudhary, J.P.; Kapil, R.P. 1976. Reproductive biology of Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Ev. (Coleoptera: Dermestidae). Z. Angew. Entomol. 81:30–37.

Chaudhary, J.P.; Kapil, R.P. 1978. Some observations on the biology of *Trogoderma granarium* Everts under conditions of constant temperature and relative humidity. Indian J. Ecol. 5:77–82.

Cherkovskaya, A. Ya.; Anoskina, N.I. 1973. The effect of temperature and humidity on the fecundity of *Tribolium destructor* Uytt. (Coleoptera, Tenebrionidae). Entomol. Obozr. 52:267–272.

Christensen, C.M. 1982. Storage of cereal grains and their products. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 544 p.

Christensen, C.M.; Kaufmann, H.H. 1969. Grain storage: The role of fungi in quality loss. University of Minnesota Press, Minneapolis, MN. 153 p.

Cogburn, R.; Simonaitis, R.A. 1975. Dichlorvos for control of stored-product insects in port warehouses. Low-volume aerosols and commodity residues. J. Econ. Entomol. 68:361–365.

Cotton, R.T. 1929. The meal worms. U.S. Dep. Agric. Bull. 95. 38 p.

Cotton, R.T. 1940. Mealworms. U.S. Dep. Agric. Leafl. 195. 5 p.

Cotton, R.T. 1941. Insect pests of stored grain and grain products. Burgess, Minneapolis, MN. 242 p.

Cotton, R.T. 1963. Pests of stored grain and grain products. Burgess, Minneapolis, MN. 318 p.

Cotton, R.T.; Good, N.E. 1937. Annotated list of the insects and mites associated with stored grain and cereal products, and of their arthropod parasites and predators. U.S. Dep. Agric. Misc. Publ. No. 258. 81 p.

Cox, P.D. 1974. The influence of temperature and humidity on the life-cycles of *Ephestia figulilella* Gregson and *Ephestia calidella* (Guenee) (Lepidoptera: Phycitidae). J. Stored Prod. Res. 10:43–55.

Cox, P.D.; Crawford, L.A.; Gjestrud, G.; Bell, C.H.; Bowley, C.R. 1981. The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae). Bull. Entomol. Res. 71:171–181.

Cox, P.D.; Simms, J.A. 1978. The susceptibility of soya bean meal to infestation by some storage insects. J. Stored Prod. Res. 14:103–109.

Currie, J.E. 1967. Some effects of temperature and humidity on the rates of development, mortality and oviposition of *Cryptolestes pusillus* (Schönherr) (Coleoptera: Cucujidae). J. Stored Prod. Res. 3:97–108.

David, M.H.; Mills, R.B. 1975. Development, oviposition, and longevity of *Ahasverus advena*. J. Econ. Entomol. 68:341–345.

David, M.H.; Mills, R.B.; Sauer, D.B. 1974. Development and oviposition of *Ahasverus advena* (Waltl) (Coleoptera: Silvanidae) on seven species of fungi. J. Stored Prod. Res. 10:17–22.

Davies, R.G. 1949. The biology of *Laemophloeus minutus* Oliv. (Coleoptera: Cucujidae). Bull. Entomol. Res. 40:63–82.

De Abreu, J.M.; Williams, R.N.; Rude, P.A. 1982. Revised bibliography of the almond moth (tropical warehouse moth), *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae). Trop. Stored Prod. Inf. 44:15–36.

de Gouveia, M.E.S. 1974. Residues in the products of milled wheat treated with insecticide powders, DDT, lindane, and malathion. Garcia De Orta (Lisb.) 19:207–215.

Deighton, J. M.; Pascoe, R. 1976. The use of pirimiphos-methyl to control mites in stored grain. Ann. Appl. Biol. 82:197–201.

Demianyk, C.J.; Sinha, R.N. 1981. Effect of pyralid moth infestations on fat acidity, seed germination, and microflora of stored grain. J. Econ. Entomol. 75:526–531.

Desmarchelier, J.M. 1977. Selective treatments, including combinations of pyrethroid and organophosphorus insecticides, for control of stored product Coleoptera at two temperatures. J. Stored Prod. Res. 13:129–137.

Dobie, P. 1974. The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 10:183–197.

Dobie, P. 1977. The contribution of the Tropical Stored Products Centre to the study of insect resistance in stored maize. Trop. Stored Prod. Inf. 34:7–22.

Dolinski, M.G.; Loschiavo, S.R. 1973. The effect of fungi and moisture on the locomotory behavior of the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae). Can. Entomol. 105:485–490.

Dunkel, F.V.; Barak, A.V.; Harein, P.K. 1982. Geographical distribution of *Cynaeus angustus* (LeConte) (Coleoptera: Tenebrionidae) and its association with stored products. J. Biogeography 9:345–352.

Dyte, C.E. 1980. Pests of stored wheat. Pages 75–78 *in* Wheat. Ciba-Geigy, Basel, Switzerland. 95 p.

El Rafie, M.S.; Kamel, A.H.; Zewar, M.M. 1975. The residual efficiency of DDT and malathion deposits in treated cloth bags in the protection of stored wheat grain and flour from infestation with certain pests under winter and summer conditions. Agric. Res. Rev. (Cairo) 53:87–93.

Entomological Society of America. 1982. Common names of insects and related organisms. Entomological Society of America, College Park, MD. 132 p.

Entomological Society of Manitoba. 1966. Common names of insects and mites associated with stored products in Canada. Manit. Dep. Agric. Conserv. Publ. 424. 12 p.

Ernst, S.A.; Mutchmor, J.A. 1969. Dispersal of three species of grain beetles as a function of thermal acclimation, temperature, and larval size. J. Stored Prod. Res. 5:407–412.

Farm chemicals handbook. 1979. Meister Publ., Willoughby, OH. 672 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1970. Food storage manual. FAO World Food Programme, Rome. 3 vols. Tropical Stored Products Centre, Slough, England. 799 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Working Party of Experts on Pest Resistance to Pesticides. 1974. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides.

Tentative method for adults of some major beetle pests of stored cereals with malathion or lindane. FAO method No. 15. Plant Prot. Bull. FAO 22:127–137.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Working Party of Experts on Pest Resistance to Pesticides. 1975. Recommended methods for the detection and resistance of agricultural pests to pesticides. Tentative method for adults of some major pest species of stored cereals, with methyl bromide and phosphine. FAO method No. 16. FAO Plant Prot. Bull. 23:12–25.

Freeman, J.A. 1952. *Laemophloeus* spp. as major pests of stored grain. Plant Pathol. (Lond.) 1:69–76.

Freeman, J.A. 1958. Infestation problems of stored products in Rangoon. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Infestation Control Laboratory, Talworth, England. Mimeo. rep. 22 p.

Freeman, P. 1980. Common insect pests of stored food products. A guide to their identification. 6th ed. British Museum, London. 69 p.

Gerber, G.H. 1973. Reproductive behavior and physiology of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) 1. Initiation of mating in young adults and the effects of adult density. Can. Entomol. 105:807–811.

Giles, P.H. 1964. Insect infestation of sorghum stored in granaries in northern Nigeria. Bull. Entomol. Res. 55:573–588.

Giles, P.H. 1965. A record of stored product insects associated with northern Nigerian foodstuffs. Inst. Agric. Res. Samaru Misc. Pap. No. 8. 7 p.

Girish, G.K.; Goyal, R.K.; Sriuastaua, P.K.; Krishnamurthy, K. 1973. Efficacy and residual toxicity of valexon as compared to malathion (50% EC) against a few stored grain insect pests. Bull. Grain Technol. 11:14–23.

Golebiowska, Z. 1968. The feeding and fecundity of *Sitophilus granarius* (L.), *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.) in wheat grain. J. Stored Prod. Res. 5:143–155.

Golebiowska, Z.; Pradzynska, A.; Nawrot, J. 1977. Investigations upon the feeding of some species of storage beetles. Pages 71–78 *in* VIII International Plant Protection Congress, Moscow, 1975. Reports and Information. Section II. Progress in the study of biology of pest organisms and the development of forecast methods. Moscow, USSR. 452 p.

Gonen, M. 1977. Susceptibility of *Sitophilus granarius* and *S. oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) to high temperature after exposure to supra-optimal temperature. Entomol. Exp. Appl. 21:243–248.

Good, N.E. 1936. The flour beetles of the genus *Tribolium*. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull. 498. 58 p.

Gunn, A.M. 1968. Patterns in world geography. Gage, Toronto, Ont. 314 p.

Hall, D.W. 1970. Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas. FAO Agric. Dev. Pap. No. 90. 350 p.

Halstead, D.G.H. 1967. Biological studies on species of *Polorus* and *Coelopalorus* with comparative notes on *Tribolium* and *Latheticus* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod. Res. 2:273–313.

Halstead, D.G.H. 1969. A new species of *Tribolium* from North America previously confused with *Tribolium madens* (Charp.) (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod. Res. 4:295–304.

Happ, G.M. 1969. Multiple sex pheromones of the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* L. Nature (London) 222:180–181.
Happ, G.M. 1970. Maturation of the response of male *Tenebrio molitor* to the female sex pheromone. Ann. Entomol. Soc. Am. 63:1782.
Harein, P.K.; Schesser, J.H. 1975. Gardona-Vapona mixture for control of stored-product insects in railway boxcars. J. Econ. Entomol. 68:113–118.
Hill, E.G. 1978. Controlling insect pests in flour mills. Great Britain Ministry of Agriculture Fisheries and Food. H.M.S.O., London. 137 p.
Hinton, H.E. 1945. A monograph of the beetles associated with stored products. Vol. 1. British Museum, London. 443 p.
Hinton, H.E.; Corbet, A.S. 1972. Common insect pests as stored food products: A guide to their identification. 5th ed. British Museum, London. 62 p.
Ho, F.K. 1969. Identification of pupae of six species of *Tribolium* (Coleoptera: Tenebrionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 62:1232–1237.
Hodges, R.J. 1979. A review of the biology and control of the rice moth *Corcyra cephalonica* Stainton (Lepidoptera: Galleriinae) Trop. Prod. Inst. Rep. G125. 20 p.
Hodges, R.J. 1982. A new review of the biology and control of the greater grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Trop. Stored Prod. Inf. 43:3–9.
Hole, B.D.; Bell, C.H.; Mills, K.A.; Goodship, G. 1976. The toxicity of phosphine to all developmental stages of thirteen species of stored-product beetles. J. Stored Prod. Res. 12:235–244.
Hoodless, R.A.; Jackson, F.J.; Tarrant, K.R.; Griffiths, B.E. 1974. Radiochemical and gas-chromatographic study of the determination of dichlorvos residues in stored grain. Pestic. Sci. 5:555–559.
Howe, R.W. 1952. The biology of the rice weevil, *Calandra oryzae* (L.) Ann. Appl. Biol. 39:168–180.
Howe, R.W. 1956. The effect of temperature and humidity on the rate of development and mortality of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Ann. Appl. Biol. 44:356–368.
Howe, R.W. 1960. The effects of temperature and humidity on the rate of development and mortality of *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). Ann. Appl. Biol. 48:363–376.
Howe, R.W. 1962. The effect of temperature and relative humidity on the rate of development and the mortality of *Tribolium madens* (Charp.) (Coleoptera, Tenebrionidae) Ann. Appl. Biol. 50:649–660.
Howe, R.W. 1965. A summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored products insects. J. Stored Prod. Res. 1:177–184.
Howe, R.W. 1974. Problems in the laboratory investigation of the toxicity of phosphine to stored product insects. J. Stored Prod. Res. 10:167–181.
Howe, R.W.; Currie, J.E. 1964. Some laboratory observations on the rates of development, mortality and oviposition of several species of Bruchidae breeding in stored pulses. Bull. Entomol. Res. 55:437–477.
Hussain, S.; Aslam, N.A. 1970. Some observations on a beneficial Reduviid bug: *Amphilbolus venator*, Klug (Reduviidae: Hemiptera). Agric. Pak. 21:37–42.

Imura, O. 1981. Stored-product insects in a barley mill. II. Fauna and seasonal changes of species diversity. Jpn. J. Ecol. 31:139–146.

Jacob, T.A.; Cox, P.D. 1977. The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). J. Stored Prod. Res. 13:107–118.

Joffe, A. 1968. Moisture migration in horizontally-stored bulk maize: The influence of grain-infesting insects under South African conditions. S. Afr. J. Agric. Sci. 2:175–193.

Kadoum, A.M.; Lahue, D.W. 1977. Degradation of malathion in wheat and milling fractions. J. Econ. Entomol. 70:109–110.

Kansas State University. 1961. Stored grain insects. Kans. State Univ., Ext. Leafl. L-30. 6 p.

Karnavar, G.K. 1977. Factors influencing fecundity in *Trogoderma granarium*. Entomon 2:109–110.

Khanna, S.C. 1977. Feeding potential of insect pests of stored wheat. Entomol. Newsl. 7:37.

Khare, B.P. 1972. Insect pests of stored grain and their control in Uttar Pradesh. Govind Ballab Pant Univ. Agric. Technol. Res. Bull. No. 5.

Kogan, M. 1971. Feeding and nutrition of insects associated with soybeans. 2. Soybean resistance and host preferences of the Mexican bean beetle *Epilachna varivestis*. Ann. Entomol. Soc. Am. 65:676–683.

Kogan, M. 1972. Intake and utilization of natural diets by the Mexican bean beetle, *Epilachna varivestis*: A multivariate analysis. Pages 107–126 *in* J.G. Rodriguez, ed. Insect and mite nutrition—significance and implication in ecology and pest management. North Holland Publ., Amsterdam, 702 p.

Kohn, C.F.; Drummond, D.W. 1963. The world today. McGraw-Hill, New York. 626 p.

Krombein, K.V.; Hurd, P.D., Jr.; Smith, D.R.; Burks, B.D. 1979. Catalog of Hymenoptera in America north of Mexico. 3 vols. Smithsonian Press, Washington, DC.

Lahue, D.W. 1975. Pirimiphos methyl as a short term protectant of grain against stored-product insects. J. Econ. Entomol. 68:235–236.

Laubmann, M. 1958. Beitrag zur Kenntris der Biologie von *Tribolium destructor*. Anz. Schaedlingsk. D. 31:138–140.

LeCato, L.G.; Arbogast, R.T. 1974. Multiplication by stored-product Coleoptera on high lysine corn. J. Kans. Entomol. Soc. 47:161–165.

Lefkovitch, L.P. 1959. A revision of the European Laemophloeinae (Coleoptera: Cucujidae). Trans. R. Entomol. Soc. Lond. 111:95–118.

Lepigre, A.L.; Pointel, J.G. 1971. Protection of maize stored in Togolese granaries. Trop. Stored Prod. Inf. 21:7–12.

Lindblad, C. 1976. Small farm grain storage. VITA, Mt. Rainier, MD. Vol. 1, 203 p.; Vol. 2, 169 p.; Vol. 3, 147 p.

Linsley, E.G. 1944. Natural sources, habitats, and reservoirs of insects associated with stored food products. Hilgardia 16:187–224.

Longstaff, B.C. 1981. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): A critical review. Prot. Ecol. 2:83–130.

Loschiavo, S.R. 1978. Effect of disturbance of wheat on four species of stored-product insects. J. Econ. Entomol. 71:888–893.

Loschiavo, S.R.; Okumura, G.T. 1979. A survey of stored product insects in Hawaii. Proc. Hawaii. Entomol. Soc. 8:95–118.

Loschiavo, S.R.; Smith, L.B. 1970. Distribution of the merchant grain beetle, *Oryzaephilus mercator* (Silvanidae: Coleoptera) in Canada. Can. Entomol. 102:1041–1047.

Lustig, K.; White, N.D.G.; Sinha, R.N. 1977. Effect of *Tribolium castaneum* infestation on fat acidity, seed germination, and microflora of stored wheat. Environ. Entomol. 6:827–832.

Madrid, F.J.; Sinha, R.N. 1982. Feeding damage of three stored-product moths (Lepidoptera: Pyralidae) on wheat. J. Econ. Entomol. 75:1017–1020.

Mansbridge, G.H. 1936. A note on the resistance to prolonged cold of some insect pests of stored products. Proc. R. Entomol. Soc. Lond. Ser. A. 11:83–86.

Mathlein, R. 1941. Undersökningar rörande förradsskadedjur. II. Kornmalarna, *Tinea secalella* Zacher och *Tinea granella* L. Statens Vaxtskyddsanst. Medd. 34:1–56.

Mathlein, R. 1943. Undersökningar rörande förradsskadedjur. III. Svatbruna mjölbaggen, *Tribolium destructor* Uytt. Ell nytt, ekonomiskt vikrtigt skadedjur. Statens Vaxtskyddsanst. Medd. 41. 38 p.

Mayr, G.E. 1974. Effect of mill fumigation with prussic acid, methyl bromide, and hydrogen phosphide on flour quality. Getreide Mehl Brot 28:91–95.

McFarlane, J.A. 1982. Damage to milled rice by periods. Trop. Stored Prod. Inf. 44:3–10.

McGaughey, W.H. 1973. Dichlorvos vapor for insect control in a rice mill. J. Econ. Entomol. 66:1147–1151.

McGaughey, W.H. 1975. Compatibility of *Bacillus thuringiensis* and *Granulosis virus* treatments of stored grain with four grain fumigants. J. Invertebr. Pathol. 26:247–250.

McGregor, H.E. 1977. Note on residues in flour resulting from malathion application in an operating mill. Cereal Chem. 54:1286–1287.

Mellanby, K. 1935. The evaporation of water from insects. Biol. Rev. 10:317–333.

Mensha, G.W.K.; Watters, F.L. 1979. Uptake of bromophos into bulk stored wheat from treated granary surfaces. J. Econ. Entomol. 72:275–276.

Mills, K.A. 1983. Resistance to the fumigant hydrogen phosphide in some stored-product species associated with repeated inadequate treatments. Verhandlung 2e Europäish Entomologisch Kongress (mimeo).

Monro, H.A.W. 1974. Manual of fumigation for insect control. 2nd ed. FAO Agric. Stud. 79. 381 p.

Morallo-Rejesus, B.; Varca, L.M.; Nerona, E.H. 1975. Insecticide impregnation of sacks and the use of plastic linings for the protection of stored corn against insect damage. Philipp. Agric. 59:196–204.

Mphuru, A.N. 1974. *Araecerus fasciculatus* DeGeer. (Coleoptera: Anthreibiidae). A review. Trop. Stored Prod. Inf. 26:7–15.

Muir, W.E. 1980. Grain drying and storage in Canada. J. Soc. Agric. Struc. (Jpn.) 10:91–105.

Multon, J.L. 1982. Conservation et stockage des grains et graines et products derives. Vol. 1. Technique et documentation Lavoisier. Paris. 576 p.

Multon, J.L. 1982. Conservation et stockage des grains et graines et produits derivés. Vol. 2. Technique et documentation Lavoisier. Paris. 579 p.

Muthu, M.; Srinath, D. 1974. Toxicity of methyl iodide to the adults of five beetles from stored products. J. Stored Prod. Res. 10:65–66.

Naton, E. 1960. Uber die entwicklung des schwarzbraunen mehlkafers, *Tribolium destructor* Uytt. Teil I. Die Aufzucht von *Tribolium destructor* in natürlicher Diat. Z. Angew. Entomol. 46:233–244.

Neubecker, F.; Albertazzi, G. 1973. Phostoxin for the control of infestation in elevators, warehouses, and flour mills. Tec. Molitoria 24:76–80.

Nichols, M.P.; Kogan, M. 1972. The literature of arthropods associated with soybeans. 1. A bibliography of the Mexican bean beetle *Epilachna varivestis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). Ill. Nat. Hist. Surv. Biol. Notes 77:1–20.

O'Brien, R.D.; Wolfe, L.S. 1964. Radiation, radioactivity and insects. Academic Press, New York. 211 p.

Okumura, G.T. 1951. Key to the lepidopterous larvae found in stored foods in California. Nat. Hist. Mus. Los. Ang. Cty. Sci. Ser. 5:1–13.

Okwelogu, T.N. 1971. Guidance in the selection of moisture meters for durable agricultural produce. Trop. Stored Prod. Inf. 21:19–29.

Oxley, T.A. 1948. The scientific principles of grain storage. Northern Publ., Liverpool, England. 103 p.

Pajni, H.R.; Gill, K.M. 1974. Effect of light on the pests of stored products. Bull. Grain Technol. 12:151–153.

Pimbert, M.P.; Pierre, D. 1983. Ecophysiological aspects of bruchid reproduction. I. The influence of pod maturity and seeds of *Phaseolus vulgaris* and the influence of insemination on the reproductive activity of *Zabrotes subfasciatus*. Ecol. Entomol. 8:87–95.

Plasch, G. 1973. Testing for residues in mills. Getreide Mehl Brot 27:15–18.

Prasad, H.; Bhatia P.; Sethi, G.K. 1978. Estimation of feeding losses by *Trogoderma granarium* Everts in wheat. Indian J. Entomol. 39:377–378.

Pratt, H.D.; Scott, H.G. 1962. A key to some beetles commonly found in stored foods. Proc. Entomol. Soc. Wash. 64:43–50.

Prevett, P.F. 1964. The distribution of insects in stacks of bagged ground nuts in northern Nigeria. Bull. Entomol. Res. 54:689–713.

Radinovsky, S. 1957. The biology of *Ptinus villiger* (Reitt.). M.S. thesis, University of Manitoba, Winnipeg, Man. 62 p.

Rajagopal, D.; Balasubramanian, R. 1977. Biology of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). Curr. Res. 6:199–201.

Rauscher, H. 1972. Physical and chemical aspects of the use of phosphine as a fumigant against stored product pests. Pages 58-62 *in* Proceedings, Third British Pest Control Conference, Jersey, Channel Islands. 162 p.

Reynolds, J. M. 1944. The biology of *Tribolium destructor* Uytt. I. Some effects of fertilization and food factors on fecundity and fertility. Ann. Appl. Biol. 31:132–142.

Richards, O.W. 1947. Observations on grain-weevils, *Calandra* (Coleoptera: Curculionidae). I. General biology and oviposition. Proc. Zool. Soc. Lond. 117:1–43.

Rilett, O.R. 1949. The biology of *Laemophloeus ferrugineus* (Steph.) Can. J. Res. Sect. D. Zool. Sci. 27:112–148.

Rout, G.; Patnaik, H.P.; Jacob, T.J. 1978. Effect of food and temperature on the biology of cadelle *Tenebroides mauritanicus* (L.). Bull. Grain Technol. 16:135–140.

Rowlands, D.G.; Bramhall, J.S. 1977. The uptake and translocation of malathion by the stored wheat grain. J. Stored Prod. Res. 13:13–22.

Saxena, S.C.; Vir, S. 1975. Temperature as a factor affecting egg production, oviposition periods and adult longevity in *Trogoderma granarium* Everts (Khapra beetle) (Coleoptera: Dermestidae). Curr. Sci. (Bangalore) 44: 556–557.

Shejbal, J., ed. 1980. Controlled atmosphere storage of grains: An international symposium held from 12–15 May 1980 at Castelgandolfo, Rome. Elsevier, Amsterdam. 608 p.

Shires, S.W. 1982. Observations on *Liposcelis bostrychophilus* Badonnel (Psocoptera). Trop. Stored Prod. Inf. 44:11–14.

Simmons, P.; Nelson, H.D. 1975. Insects on dried fruits. U.S. Dep. Agric. Agric. Handb. 464:1–22.

Singh, N.B.; Campbell, A.; Sinha, R.N. 1975. An energy budget of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 69:503–512.

Sinha, R.N. 1963. Suitability of climatic areas of Canada for infestation of some major stored grain insects on farms. Proc. Entomol. Soc. Manit. 19:31–39.

Sinha, R.N. 1965*a*. Development of *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Oryzaephilus mercator* (Fauvel) on seed-borne fungi. Entomol. Exp. Appl. 8:309–313.

Sinha, R.N. 1965*b*. Insects associated with stored products in Canada. Can. Insect Pest Rev. Suppl. 2:1–47.

Sinha, R.N. 1966. Development and mortality of *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on seed-borne fungi. Ann. Entomol. Soc. Am. 59:192–201.

Sinha, R.N. 1969. Reproduction of stored-grain insects on varieties of wheat, oats, and barley. Ann. Entomol. Soc. Am. 62:1012–1015.

Sinha, R.N. 1971*a*. Fungus as food for some stored-product insects. J. Econ. Entomol. 64:3–6.

Sinha, R.N. 1971*b*. Multiplication of some stored-product insects on varieties of wheat, oats and barley. J. Econ. Entomol. 64:98–102.

Sinha, R.N. 1971*c*. Spoilage of farm-stored grain by molds, insects and mites in western Canada. Can. Dep. Agric. Publ. 1437. 8 p.

Sinha, R.N. 1972. Infestibility of oilseeds, clover, and millet by stored-product insects. Can. J. Plant Sci. 52:431–440.

Sinha, R.N. 1975. Effect of dockage in the infestation of wheat by some stored-product insects. J. Econ. Entomol. 68:699–703.

Sinha, R.N.; Muir, W.E. 1973. Grain storage: Part of a system. AVI, Westport, CT. 481 p.

Sinha, R.N.; Wallace, H.A.H. 1966*a*. Association of granary mites and seed-borne fungi in stored grain and in outdoor habitats. Ann. Entomol. Soc. Am. 59:1170–1181.

Sinha, R.N.; Wallace, H.A.H. 1966*b*. Ecology of insect-induced hot spots in stored grain in western Canada. Res. Popul. Ecol. (Kyoto) 3:107–132.

Sinha, R.N.; Yaciuk, G.; Muir, W.E. 1973. Climate in relation to deterioration of stored grain—a multivariate study. Oecologia (Berl.) 12:69–88.

Smallman, B.N.; Watters, F.L. 1949. Mill sanitation studies. II. Comparative effectiveness of methods for the control of insects in elevator boots. Bull. Assoc. Operative Millers, July 1949:1756–1759.

Smith, C.V. 1969. Meteorology and grain storage. World Meteorol. Organ. Tech. Note 101:1–65 p.

Smith, L.B. 1963. The rusty grain beetle—a pest of stored grain. Res. Farmers 8:14–16.

Smith, L.B. 1965. The intrinsic rate of natural increase of *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae). J. Stored Prod. Res. 1:35–49.

Smith, L.B. 1966. Effect of crowding on oviposition, development, and mortality of *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae). J. Stored Prod. Res. 2:91–94.

Smith, L.B. 1970. Effects of cold acclimation on super-cooling and survival of the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae), at subzero temperatures. Can. J. Zool. 48:853–858.

Smith, L.W.; Pratt, J.J.; Nii, I.; Umina, A.P. 1970. Baking and taste properties of bread made from hard wheat flour infested with species of *Tribolium*, *Tenebrio*, *Trogoderma* and *Oryzaephilus*. J. Stored Prod. Res. 6:307–316.

Soderstrom, E.L. 1960. Recognition and duration of larval instars of the rice weevil and the granary weevil. J. Kans. Entomol. Soc. 33:157–161.

Solomon, M.E.; Adamson, B.E. 1955. The powers of survival of storage and domestic pests under winter conditions in Britain. Bull. Entomol. Res. 46:311–355.

Spencer, E.Y. 1981. Guide to the chemicals used in crop protection. 7th ed. Agric. Can. Publ. 1093. 595 p.

Srinath, D ; Ragunathan, A.N.; Majumder, S.K. 1974. Microflora in the pupae of stored product insects. Bull. Grain Technol. 12:32–35.

Srivastava, B.P.; Dadhich, S.R. 1973. Laboratory evaluation of malathion as a protectant for the prevention of damage by pulse beetles to stored grain (Cicer Arietinum). 1. Biological effectiveness. Bull. Grain Technol. 11:8–13.

Storey, C.L.; Sauer, D.B.; Ecker, O.; Fulk, D.W. 1982. Insect infestations in wheat and corn exported from the United States. J. Econ. Entomol. 75:827–832.

Strong, R.G.; Okumura, G.T. 1958. Insects and mites associated with stored foods and seeds in California. Calif. Dep. Agric. Bull. 47:233–249.

Strümpel, H. 1963. Entwicklung von *Tribolium destructor* Uyttenboogaart in ihrer Abhangigkeit von abiotischen Umweltbedingungen. Z. Angew. Zool. 50:215–227.

Surtees, G. 1965. Ecological significance and practical implications of behavior patterns determining the spatial structure of insect populations in stored grain. Bull. Entomol. Res. 56:201–213.

Tautong, S.; Watters, F.L. 1978. Persistence of three organophosphorous insecticides on plywood surfaces against five species of stored-product insects. J. Econ. Entomol. 71:115–121.

Trisvyatskii, L.A. 1969. Storage of grain (Khranenie zerna). 3 vols. National Lending Library for Science and Technology, Boston Spa, England. 839 p.

Turnipseed, S.G.; Todd, J.W.; Greene, G.L.; Bass, M.H. 1974. Minimum rates of insecticides on soybeans: Mexican bean beetle, green cloverworm, corn earworm, and velvetbean caterpillar. J. Econ. Entomol. 67:287–291.

United States Department of Agriculture 1965. Stored grain pests. U.S. Dep. Agric. Farmers' Bull. 1260:1–46.

United States Department of Agriculture. 1978. Stored-grain insects. U.S. Dep. Agric. Agric. Handb. 500:1–57.

United States National Research Council. Board on Science and Technology for International Development. 1978. Postharvest food losses in developing countries. National Academy of Sciences, Washington, DC. 356 p.

Urs, K.C.D.; Hopkins, T.L. 1973. Effect of moisture on growth rate and development of two strains of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod. Res. 8:291–297.

Van Duyn, J.W.; Turnipseed, S.G.; Maxwell, J.D. 1971. Resistance in soybeans to the Mexican bean beetle. I. Sources of resistance. Crop Sci. 11:572–573.

Vardell, H.H.; Cagle, A.; Cooper, E. 1973. Fumigation with phosphine against stored-product insects in bagged flour in plywood overpacks. J. Econ. Entomol. 66:1209–1210.

Walker, D.W. 1960. Population fluctuations and control of stored grain insects. Wash. State Univ. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 31:1–66.

Watters, F.L. 1968. Pyrethrins–Piperonyl butoxide applied as a fog in an empty grain bin. J. Econ. Entomol. 61:1313–1316.

Watters, F.L. 1972. Control of storage insects by physical means. Trop. Stored Prod. Inf. 23:13–28.

Watters, F.L. 1974. Impact of research on grain storage practices in Canada. EPPO (Eur. Mediterr. Plant Prot. Organ.) Bull. 4:297–303.

Watters, F.L. 1976. Insects and mites on farm-stored grain in the Prairie Provinces. Agric. Can. Publ. 1595. 25 p.

Watters, F.L. 1977. Comparison of acephate and malathion applied to stored grain for control of rusty grain beetles and red flour beetles. J. Econ. Entomol. 70:377–380.

Watters, F.L.; MacQueen, K.F. 1967. Effectiveness of gamma radiation for control of five species of stored-product insects. J. Stored Prod. Res. 3:223–234.

Watters, F.L.; Mensah, G.W.K. 1979. Stability of malathion applied on stored wheat for control of rusty grain beetles. J. Econ. Entomol. 72:794–797.

Watters, F.L.; White, N.D.G.; Cote, D. 1983. Effect of temperature on toxicity and persistence of three pyrethroid insecticides applied to fir plywood for the control of the red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Econ. Entomol. 76:11–16.

Wetzel, D.L.; Pedersen, J.R.; Soltis, M.E. 1977. Monitoring fumigants in stored grain. Cereal Foods World. 22:528–531, 538.

Wilkin, D.R.; Hope, J.A. 1973. Evaluation of pesticides against stored product mites. J. Stored Prod. Res. 8:323–327.

Williams, G.C. 1954. Observations on the life history of *Laemophloeus minutus* (Ol.) (Coleoptera: Cucujidae) when bred on various stored cereals and cereal products. Bull. Entomol. Res. 45:341–350.

Woodroffe, G.E. 1962. The status of the foreign grain beetle *Ahasverus advena* (Waltl) (Coleoptera: Silvanidae), as a pest of stored products. Bull. Entomol. Res. 53:537–540.

Wright, V.F.; Casas, E. De las; Harein, P.K. 1980. Evaluation of *Penicillium* mycotoxins for activity in stored-product Coleoptera. Environ. Entomol. 9:217–221.

Yoshida, T. 1975. Predation by the cadelle *Tenebroides mauritanicus* (L.) (Coleoptera: Ostomidae) on three species of stored-product insects. Sci. Rep. Fac. Agric. Okayama Univ. 46:10–16.

Zettler, J.L. 1982. Insecticide resistance in selected stored product insects infesting peanuts in the southeastern United States. J. Econ. Entomol. 75:359–362.

Zettler, J.L.; McDonald, L.L.; Redlinger, L.M.; Jones, R.D. 1973. *Plodia interpunctella* and *Cadra cautella*. Resistance in strains to malathion and synergized pyrethrins. J. Econ. Entomol. 66:1049–1050.

Appendice I

Noms latins et communs des insectes infestant les denrées entreposées au Canada (1969–1981)

Nom latin	Nom commun	Ordre: famille
Acariens	Acarien	Acariens
Ahasverus advena (Waltl)	Cucujide des grains (m.)	Coléoptères: Cucujidés
Aleochara bimaculata (Grvh.)		Coléoptères: Staphylinidés
Alphitobius diaperinus (Panzer)	Petit ténébrion mat (m.)	Coléoptères: Ténébrionidés
Anthicus floralis (Linnaeus)		Coléoptères: Anthicidés
Anthrenus scrophulariae (Linnaeus)	Anthrène des tapis (m.)	Coléoptères: Dermestidés
Anthrenus verbasci (Linnaeus)	Anthrène bigarré des tapis (m.)	Coléoptères: Dermestidés
Aphomis gularis (Zeller)		Lépidoptères: Pyralidés
Attagenus pellio (Linnaeus)		Coléoptères: Dermestidés
Attagenus unicolor (Brahm)	Attagène des tapis (m.)	Coléoptères: Dermestidés
Attagenus spp.		Coléoptères: Dermestidés
Carcinops quatuordecimstriata (Stephens)		Coléoptères: Histéridés
Cartodere filiformis (Gyllenhal)		Coléoptères: Lathridiidés
Cathartus quadricollis (Guérin-Méneville)		Coléoptères: Cucujidés
Cryptolestes ferrugineus (Stephens)	Cucujide roux (m.)	Coléoptères: Cucujidés
Cryptolestes pusillus (Schönherr)	Cucujide plat (m.)	Coléoptères: Cucujidés
Cryptolestes turcicus (Grouvelle)		Coléoptères: Cucujidés
Cryptolestes spp.		Coléoptères: Cucujidés
Cryptophagus cellaris (Scopoli)		Coléoptères: Cryptophagidés
Cryptophagus spp.		Coléoptères: Cryptophagidés
Cynaeus angustus (LeConte)		Coléoptères: Ténébrionidés
Dermestes lardarius (Linnaeus)	Dermeste du lard (m.)	Coléoptères: Dermestidés
Dermestidés		Coléoptères: Dermestidés
Diptères	Mouches (f.)	Diptères
Endrosis sarcitrella (Linnaeus)		Lépidoptères: Oécophoridés
Ephestia cautella (Walker)		Lépidoptères: Pyralidés
Ephestia elutella (Hübner)	Pyrale du tabac	Lépidoptères: Pyralidés
Ephestia kuehniella (Zeller)	Pyrale méditerranéenne de la farine (f.)	Lépidoptères: Pyralidés
Formicidés	Fourmis (f.)	Hyménoptères: Formicidés
Gibbium psylloides (Czenpinski)		Coléoptères: Ptinidés
Glischrochilus quadrisignatus (Say)	Nitidule à quatre points (m.)	Coléoptères: Nitidulidés
Gnatocerus cornutus (Fabricius)		Coléoptères: Ténébrionidés
Haplotinea ditella	Papillon nocturne	Lépidoptères: Tinéidés
Hexarthrum (Rhyncahus) ulkei (Horn)		Coléoptères: Curculionidés
Hofmannophila pseudospretella (Stainton)		Lépidoptères: Oécophoridés
Isopodes		Isopodes: Asellidés
Larca granulata (Banks)	Pseudoscorpion	Chélonéthidés: Garypidés
Lasioderma serricorne (Fabricius)	Lasioderme du tabac (m.)	Coléoptères: Anobiidés
Latheticus oryzae (Waterhouse)		Coléoptères: Ténébrionidés
Lathridius minutus Linnaeus (=*Enicmus minutus* (L.))		Coléoptères: Lathridiidés
Lathridius spp.		Coléoptères: Lathridiidés
Lepidoptera spp.	Papillons nocturnes (m.)	Lépidoptères

Appendice I

Noms latins et communs des insectes infestant les denrées entreposées au Canada (1969–1981) *(suite)*

Nom latin	Nom commun	Ordre: famille
Lepisma saccharina Linnaeus	Lépisme argenté (m.)	Thysanoures: Lépismatidés
Leptocoris trivittatus (Say)	Punaise de l'érable négondo (f.)	Hétéroptères: Rhopalidés
Mezium americanum (Laporte)		Coléoptères: Ptinidés
Microgramme filum (Aube)		Coléoptères: Lathridiidés
Microgramme spp.		Coléoptères: Lathridiidés
Nemapogon granella (Linnaeus)	Fausse-teigne des grains (f.)	Lépidoptères: Tineidés
Niptus hololeucus (Faldermann)	Niptus doré (m.)	Coléoptères: Ptinidés
Niptus unicolor (Piller & Mitterpacher)		Coléoptères: Ptinidés
Obisium ischonoceles		
Orthoptères	Criquets (m.)	Orthoptères: Acrididés
Oryzaephilus mercator (Fauvel)		Coléoptères: Cucujidés
Oryzaephilus surinamensis (Linnaeus)	Cucujide dentelé des grains (m.)	Coléoptères: Cucujidés
Palorus ratzeburgi (Wissmann)		Coléoptères: Ténébrionidés
Plodia interpunctella (Hübner)	Pyrale indienne de la farine (f.) (Teigne des fruits secs)	Lépidoptères: Pyralidés
Porcellio laevis Latreille	Cloporte commun (m.)	Isopodes: Parcellionidés
Pselaphochernes sp.	Pseudoscorpion	Chélonéthidés: (Myrmécophiles)
Pselaphochernes parvus Hoff.	Pseudoscorpion	Chélonéthidés: Chernetidés
Psocoptères	Pou des livres	Psocoptères
Ptinus clavipes (Panzer)	Ptine brun (m.)	Coléoptères: Ptinidés
Ptinus fur (Linnaeus)	Ptine bigarré (m.)	Coléoptères: Ptinidés
Ptinus hirtellus (Sturm) (= *P. clavipes* Panzer)		Coléoptères: Ptinidés
Ptinus ocellus (Brown)	Ptine ocellé (m.)	Coléoptères: Ptinidés
Ptinus raptor (Sturm)	Ptine oriental (m.)	Coléoptères: Ptinidés
Ptinus tectus (Boieldieu)		Coléoptères: Ptinidés
Ptinus villiger (Reitter)	Ptine velu (m.)	Coléoptères: Ptinidés
Ptinus spp.	Ptines	Coléoptères: Ptinidés
Pyralis farinalis (Linnaeus)	Pyrale de la farine	Lépidoptères: Pyralidés
Rhyzopertha dominica (Fabricius)	Capucin des grains	Coléoptères: Bostrichidés
Scenopinus fenestralis (Linnaeus)		Diptères: Scénopinidés
Sitophilus granarius (Linnaeus)	Calandre des grains (f.) (Charançon du blé)	Coléoptères: Curculionidés
Sitophilus oryzae (Linnaeus)	Charançon du riz (m.)	Coléoptères: Curculionidés
Sitophilus spp.		Coléoptères: Curculionidés
Sitotroga cerealella (Olivier)	Alucite des grains (f.)	Lépidoptères: Géléchiidés
Staphylinidae spp.		Coléoptères: Staphylinidés
Stegobium paniceum (Linnaeus)	Stégobie des pharmacies (f.)	Coléoptères: Anobiidés
Tenebrio molitor (Linnaeus)	Ténébrion meunier (m.)	Coléoptères: Ténébrionidés
Tenebrio obscurus (Fabricius)	Ténébrion obscur (m.)	Coléoptères: Ténébrionidés
Tenebroides mauritanicus (Linnaeus)	Cadelle (f.)	Coléoptères: Trogositidés
Thes bergrothi (Reitter)		Coléoptères: Lathridiidés
Tinea pallescentella (Stainton)		Lépidoptères: Tinéidés
Tinea pellionella (Linnaeus)	Teigne porte-case (f.)	Lépidoptères: Tinéidés

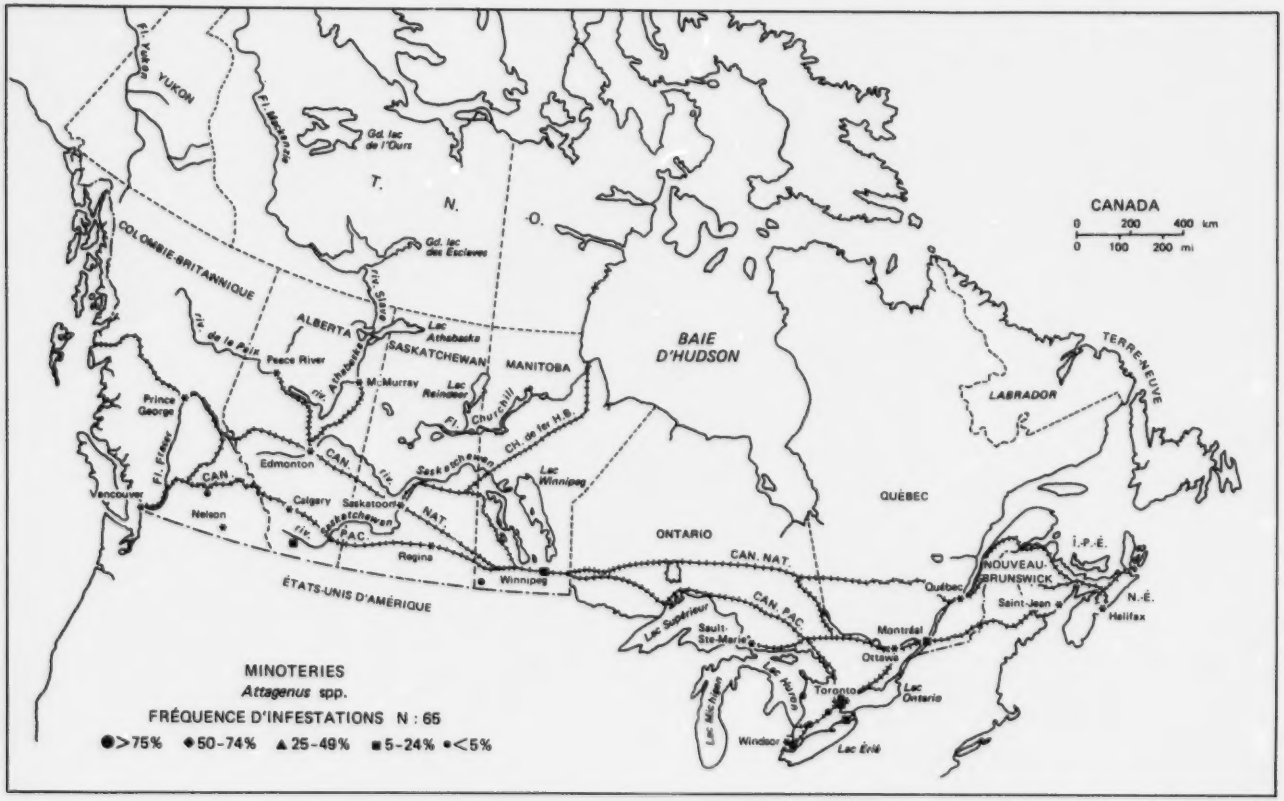
Appendice I

Noms latins et communs des insectes infestant les denrées entreposées au Canada (1969–1981) *(fin)*

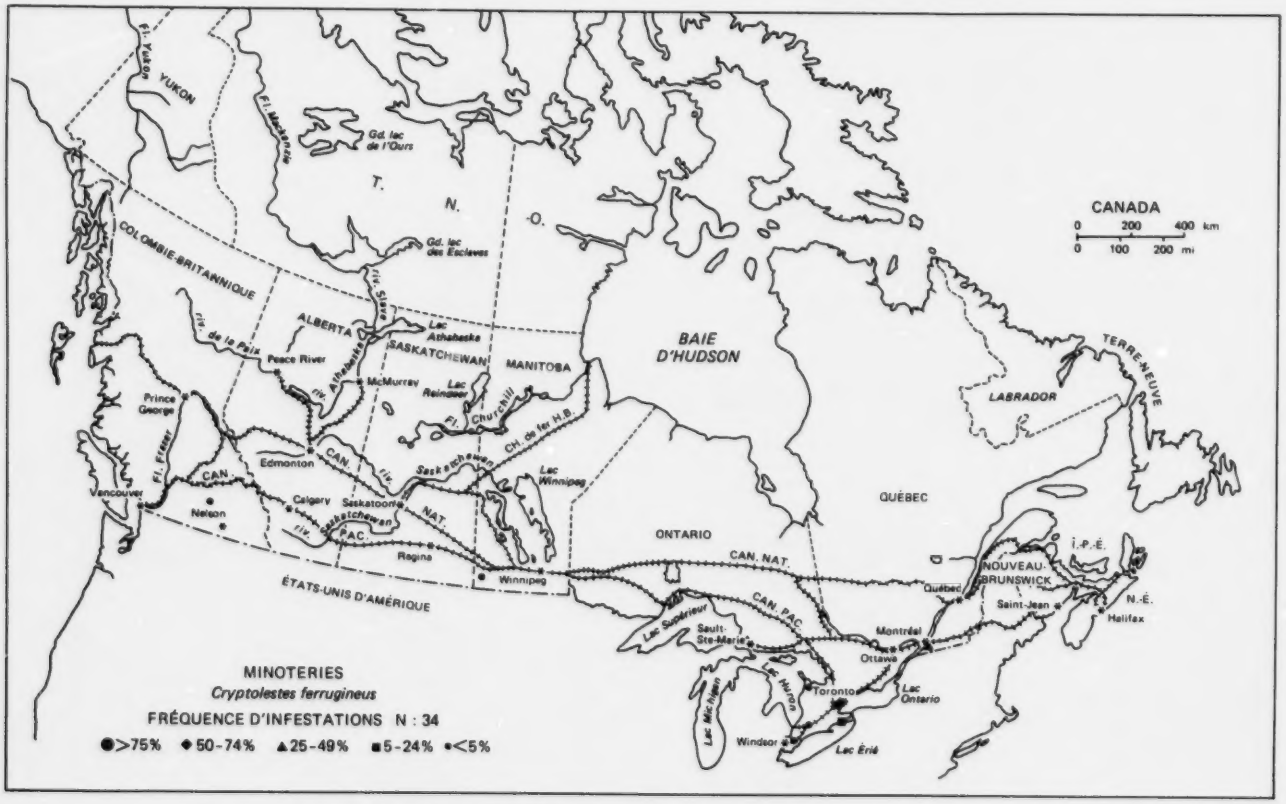
Nom latin	Nom commun	Ordre: famille
Tineola bisselliella (Hummel)	Teigne des vêtements (f.)	Lépidoptères: Tinéidés
Tribolium audax (Halstead)		Coléoptères: Ténébrionidés
Tribolium castaneum (Herbst)	Tribolium rouge de la farine (m.)	Coléoptères: Ténébrionidés
Tribolium confusum Jacquelin du Val	Tribolium brun de la farine (m.)	Coléoptères: Ténébrionidés
Tribolium destructor Uyttenboogaart	Tribolium de la farine (m.)	Coléoptères: Ténébrionidés
Tribolium spp.		Coléoptères: Ténébrionidés
Trichoptères	Phryganes (f.)	Trichoptères
Trogium pulsatorium (Linnaeus)	Psoque commun (m.)	Psocoptères: Trogiidés
Trogoderma inclusum (Lec.)	Trogoderme des denrées (m.)	Coléoptères: Dermestidés
Trogoderma variabile (Ballion)	Trogoderme des grains (m.)	Coléoptères: Dermestidés
Trogoderma spp.		Coléoptères: Dermestidés
Typhaea stercorea (Linnaeus)	Mycétophage des céréales (m.)	Coléoptères: Mycétophagidés

Appendice II

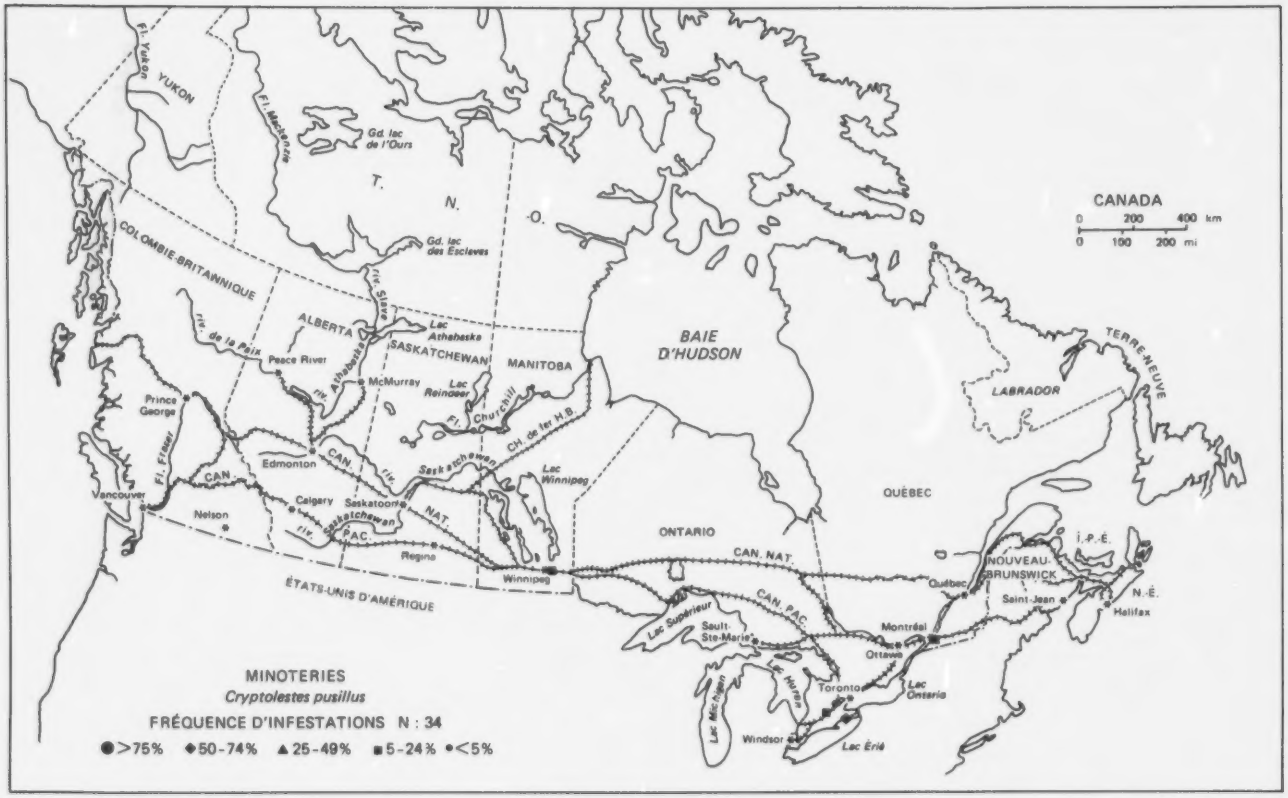
Cartes de distribution des insectes ravageurs des denrées entreposées



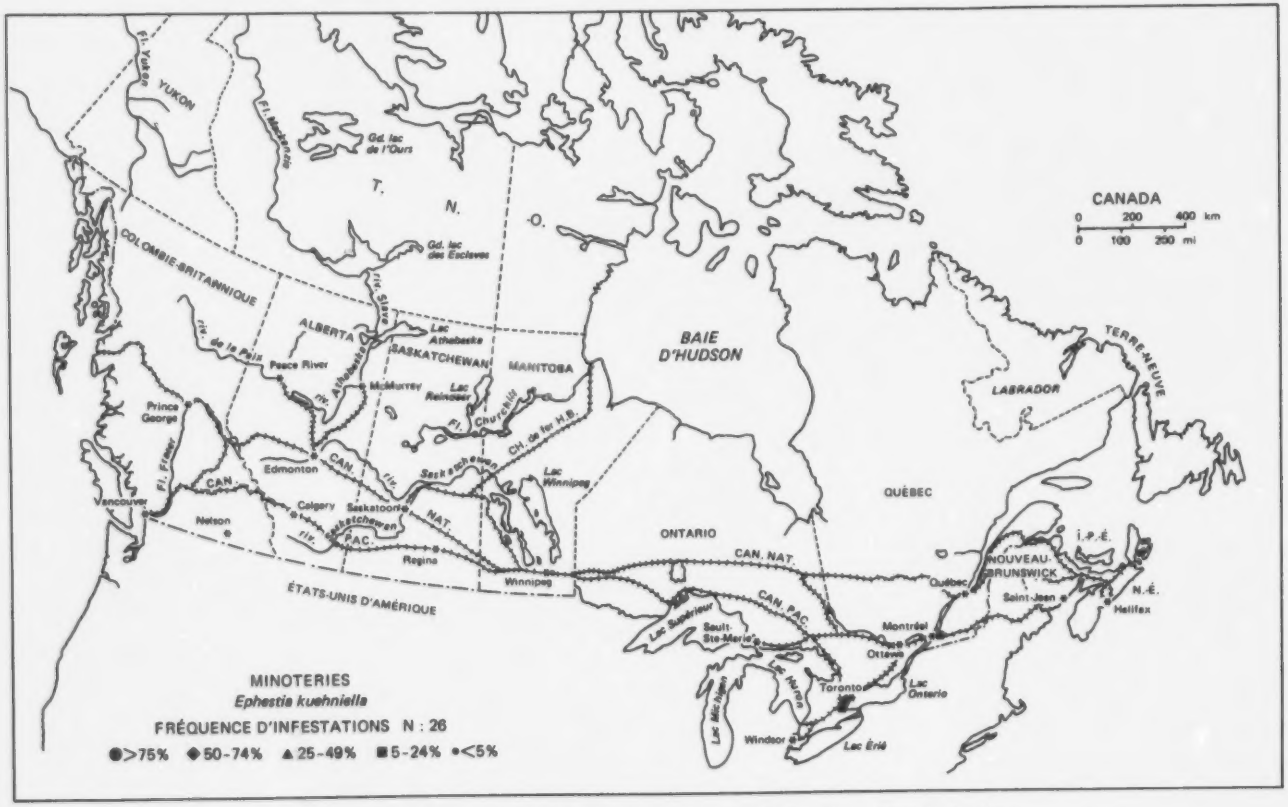
Carte 1 Distribution des *Attagenus* spp. dans les minoteries.



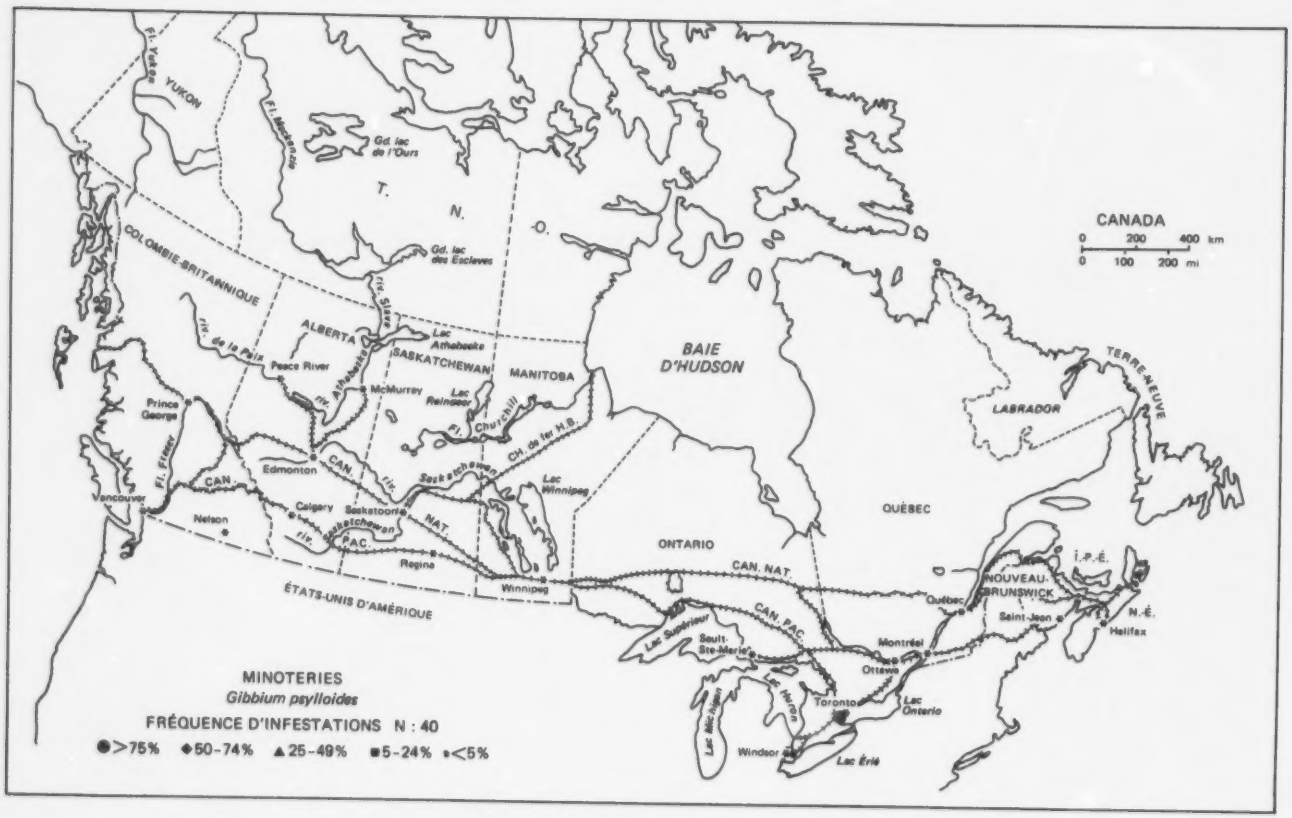
Carte 2 Distribution de *Cryptolestes ferrugineus* dans les minoteries.



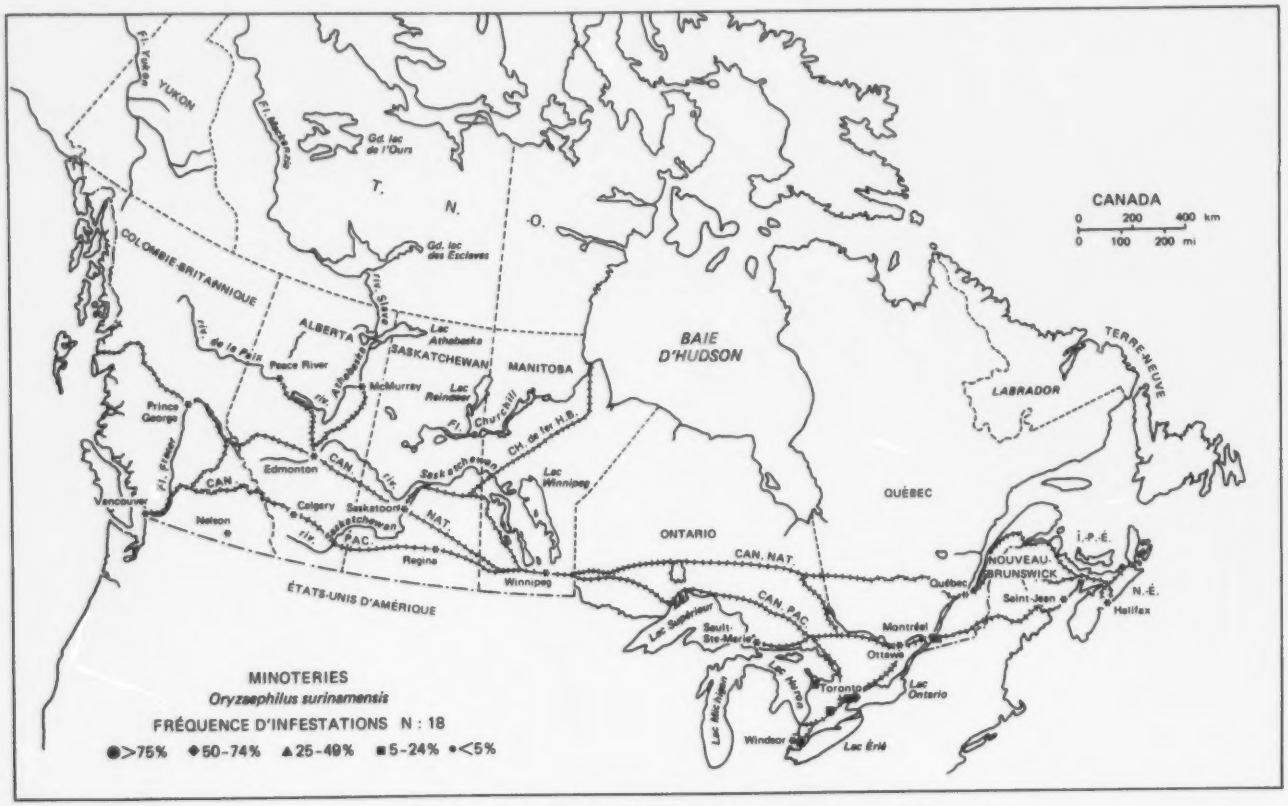
Carte 3 Distribution de *Cryptolestes pusillus* dans les minoteries.



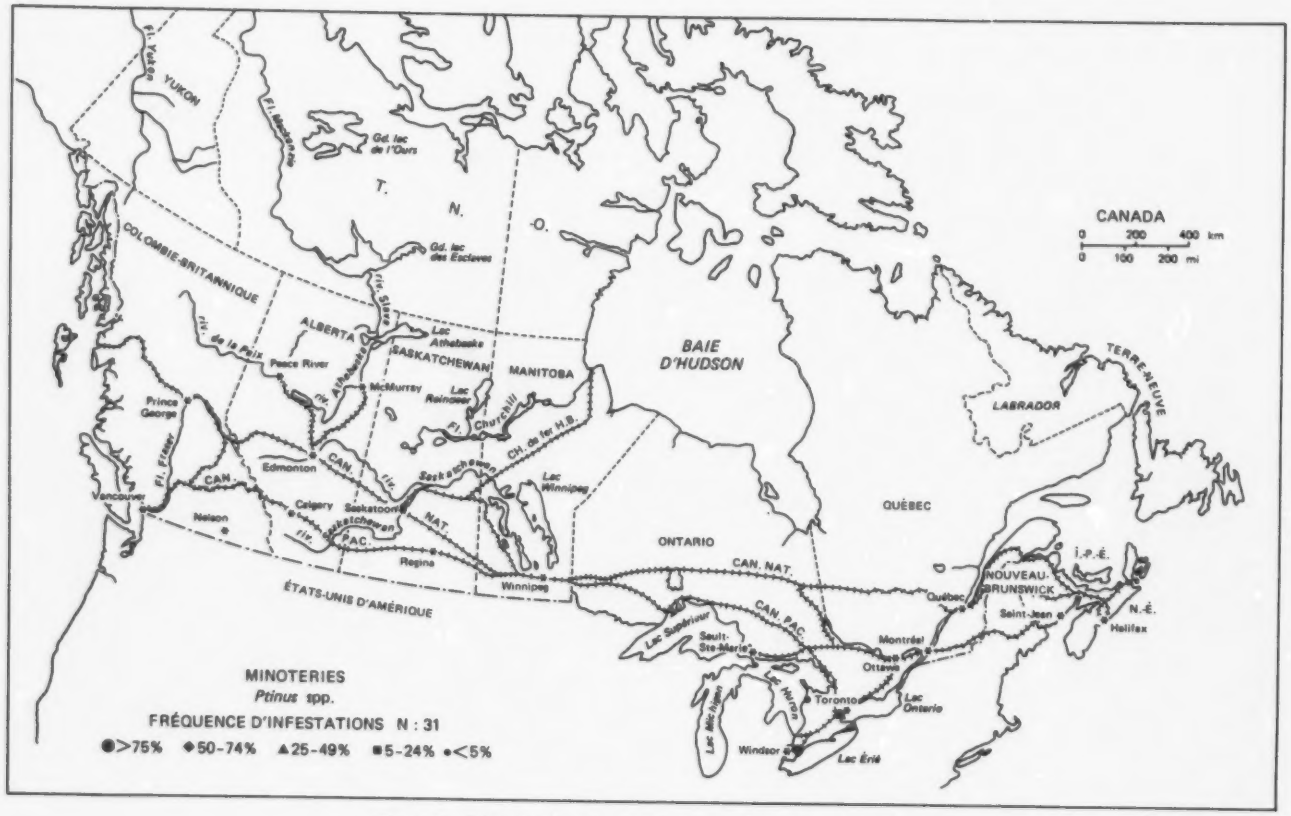
Carte 4 Distribution d'*Ephestia kuehniella* dans les minoteries.



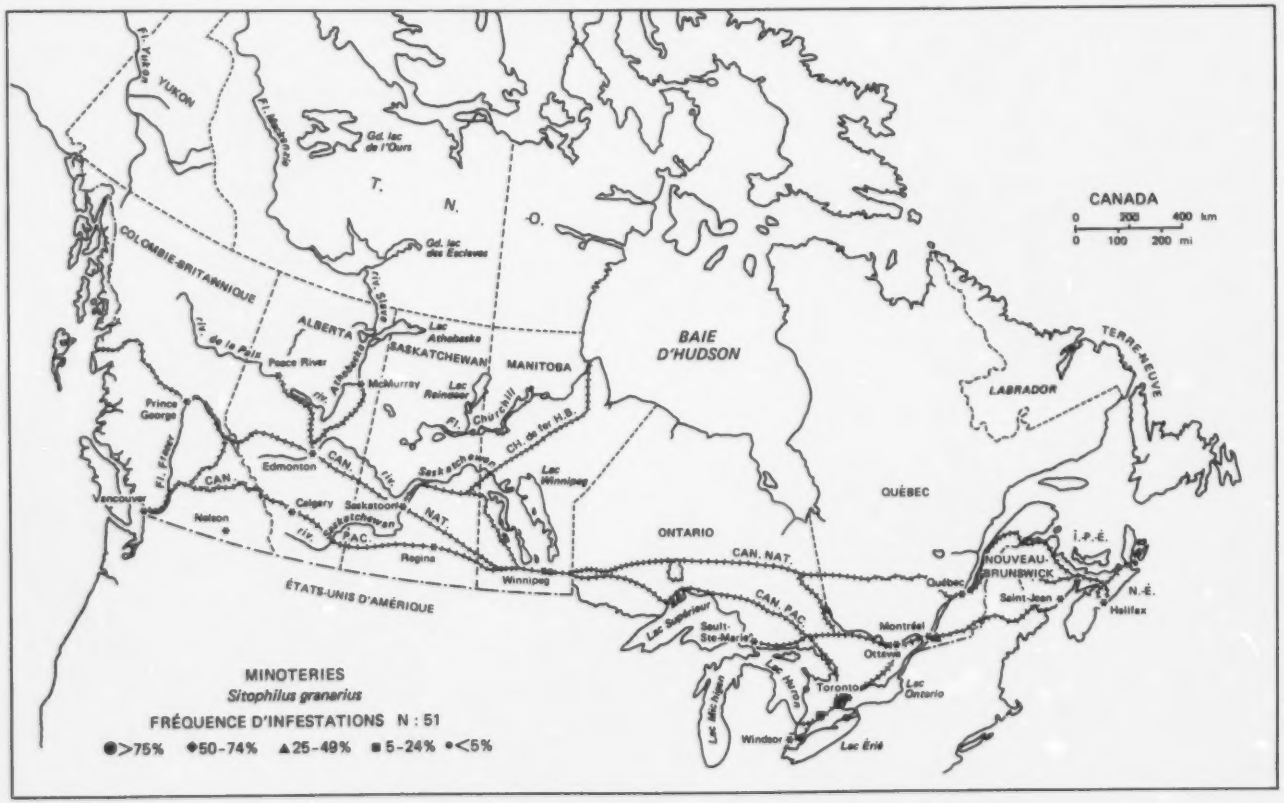
Carte 5 Distribution de *Gibbium psylloides* dans les minoteries.



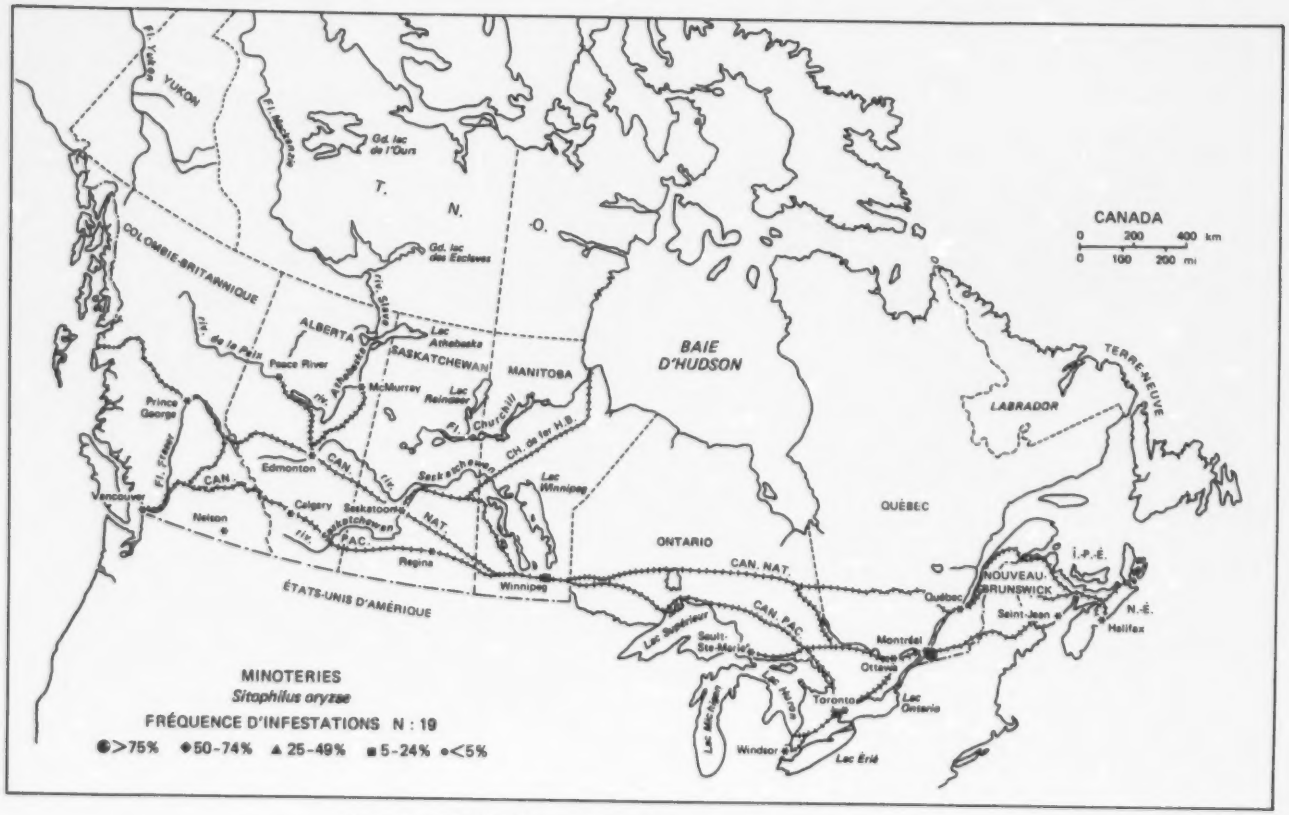
Carte 6 Distribution d'*Oryzaephilus surinamensis* dans les minoteries.



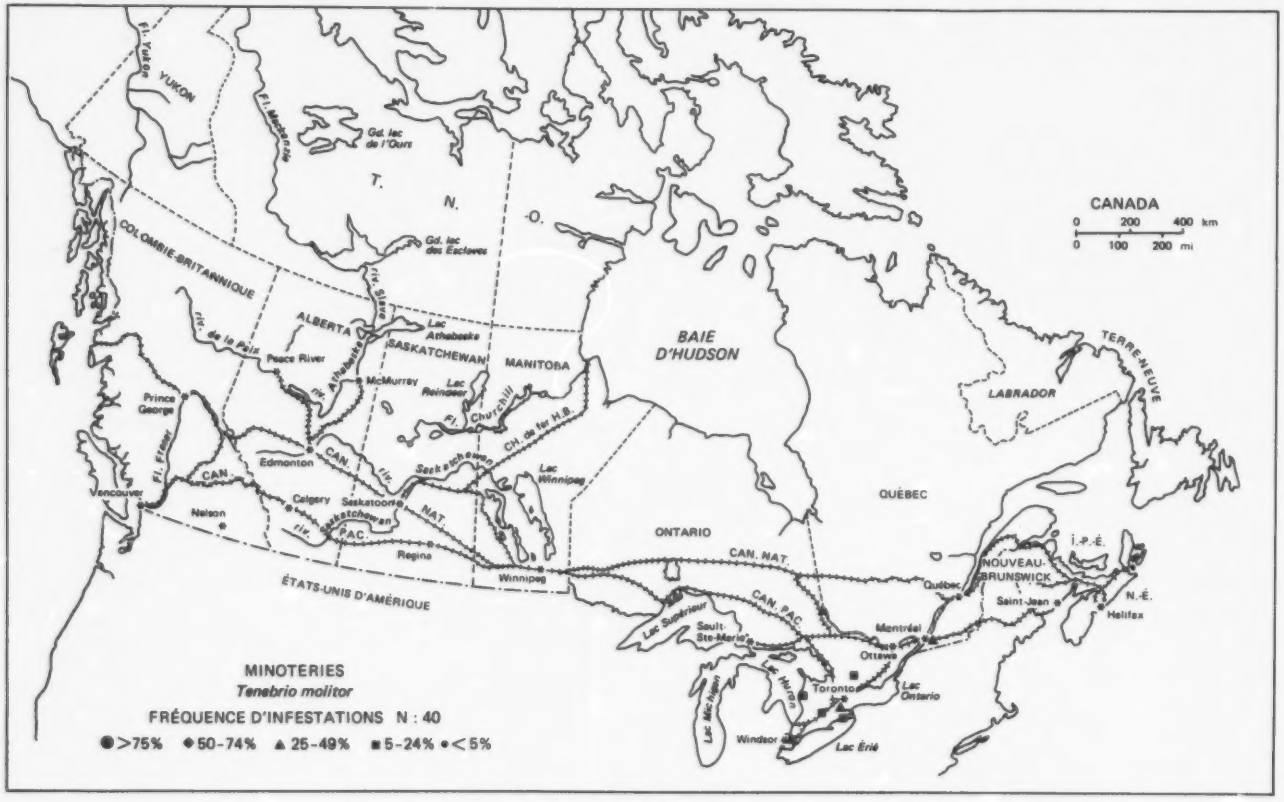
Carte 7 Distribution des *Ptinus* spp. dans les minoteries.



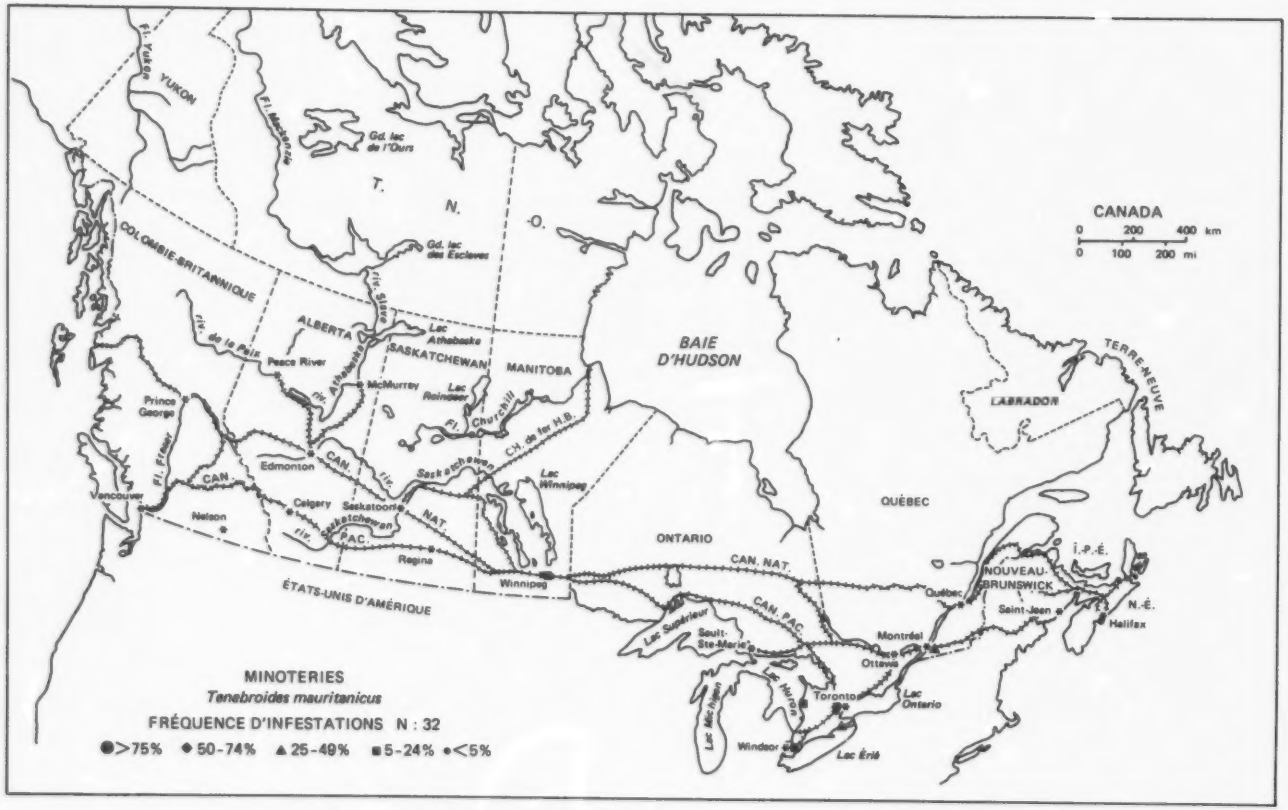
Carte 8 Distribution des *Sitophilus granarius* dans les minoteries.



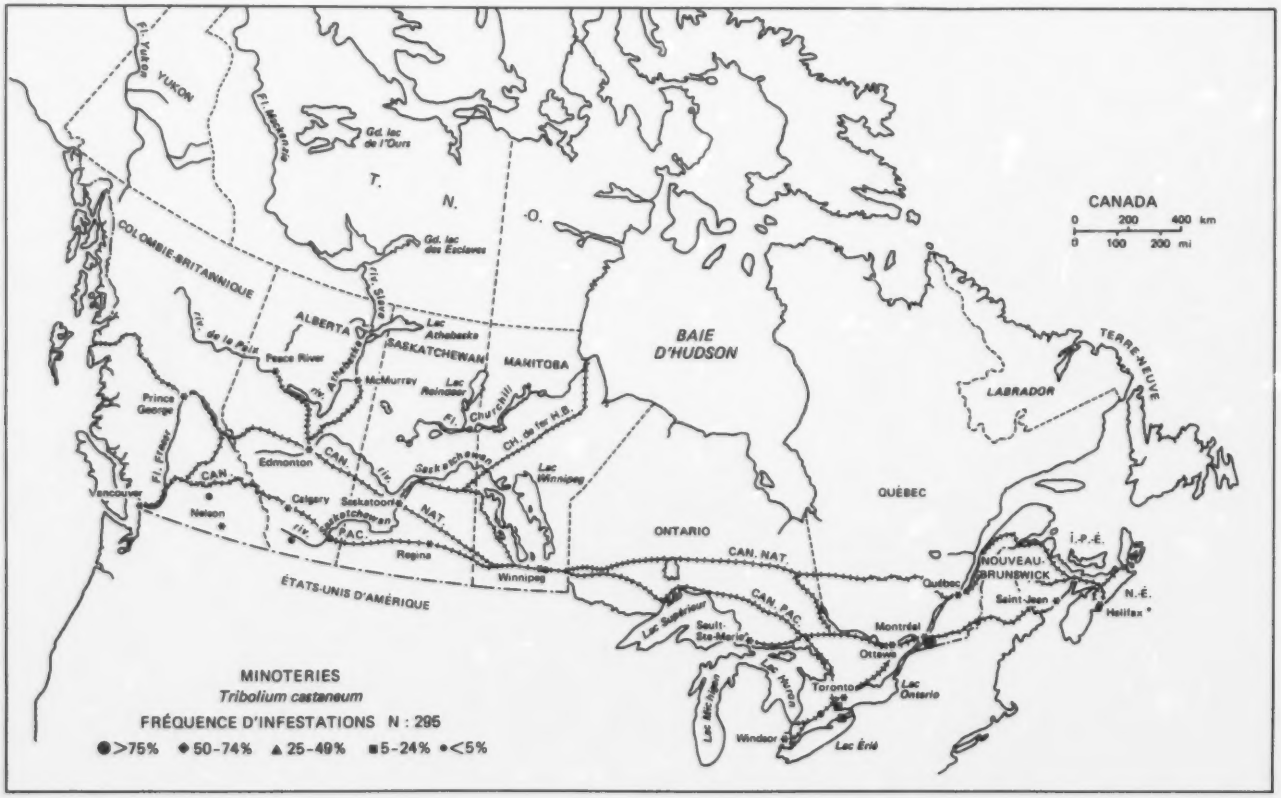
Carte 9 Distribution de *Sitophilus oryzae* dans les minoteries.



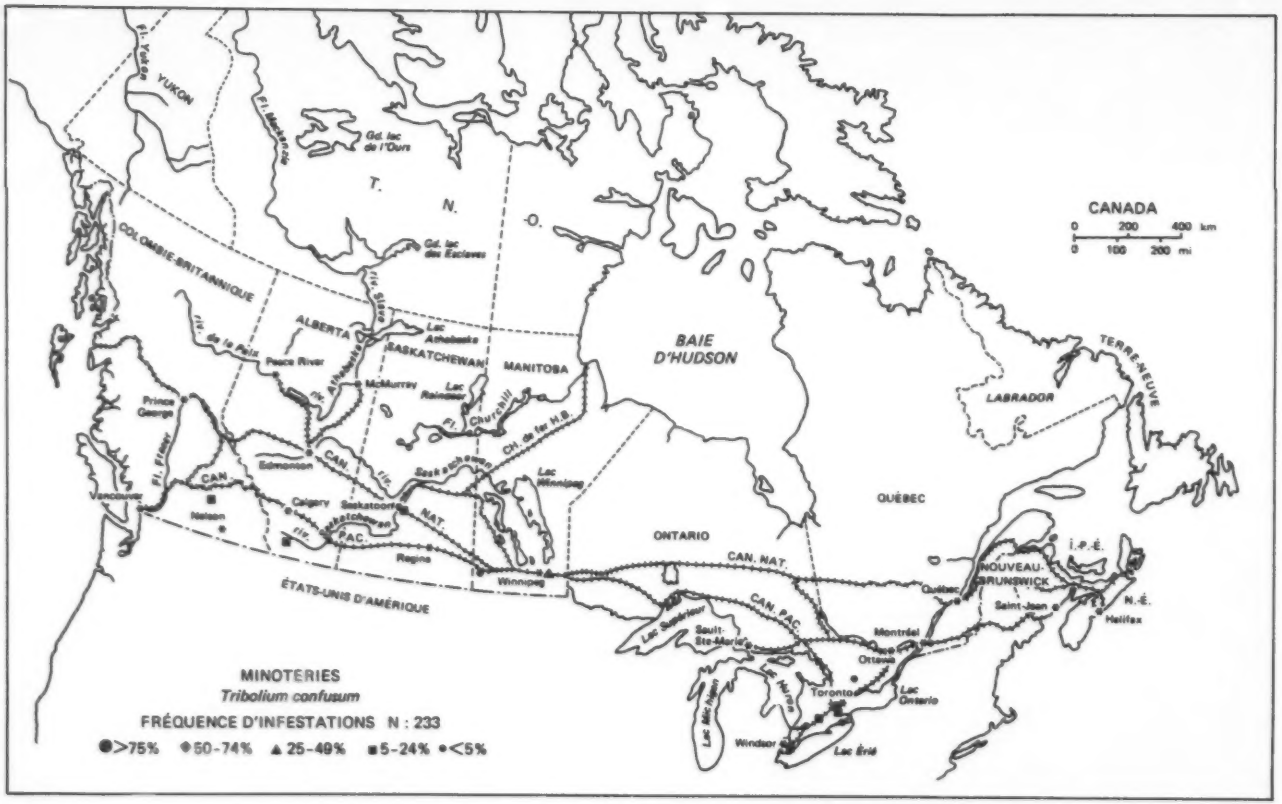
Carte 10 Distribution de *Tenebrio molitor* dans les minoteries.



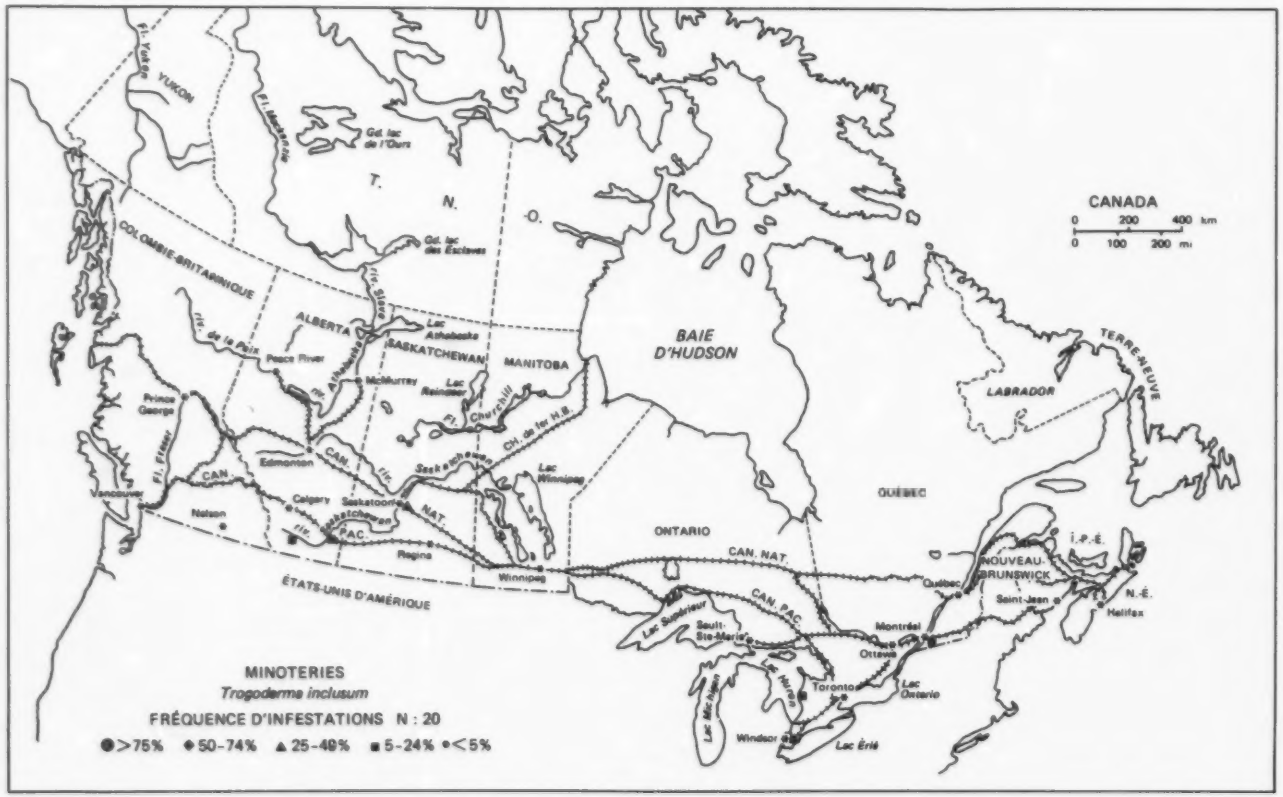
Carte 11 Distribution de *Tenebroides mauritanicus* dans les minoteries.



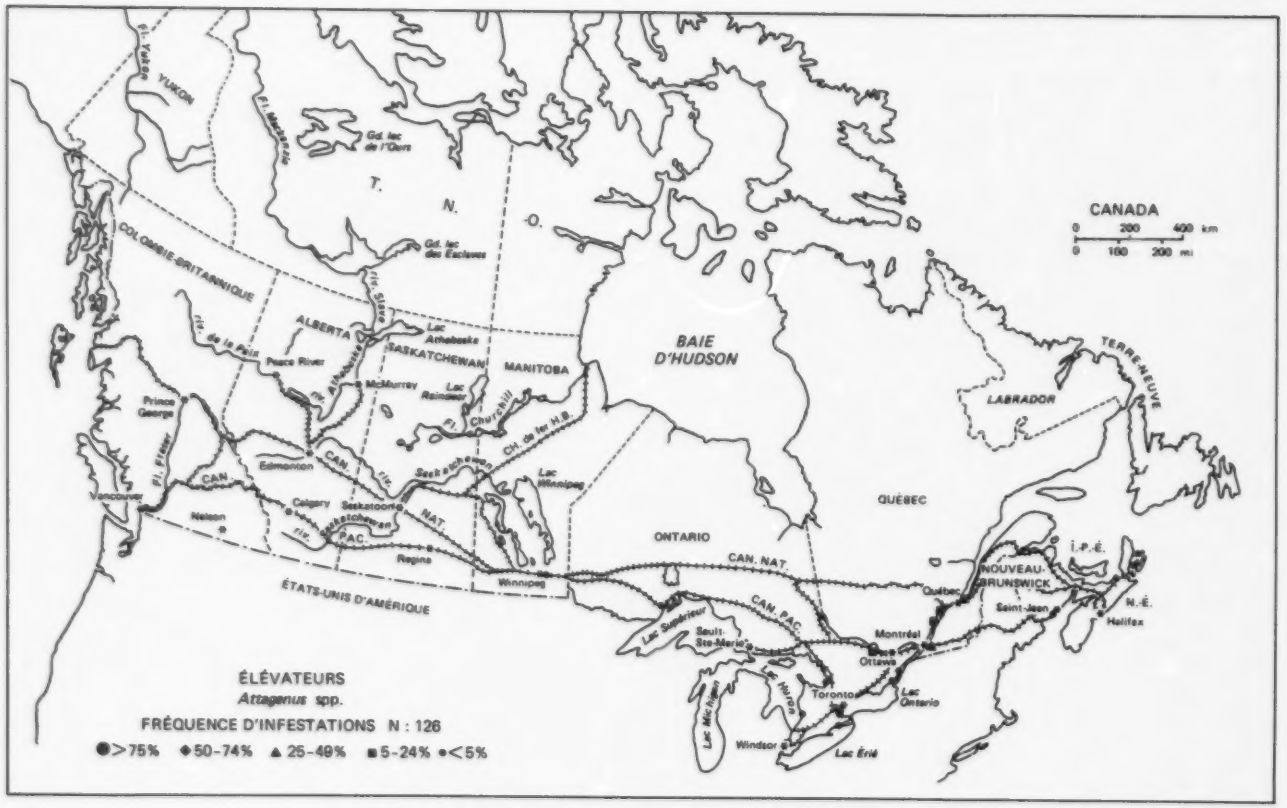
Carte 12 Distribution de *Tribolium castaneum* dans les minoteries.



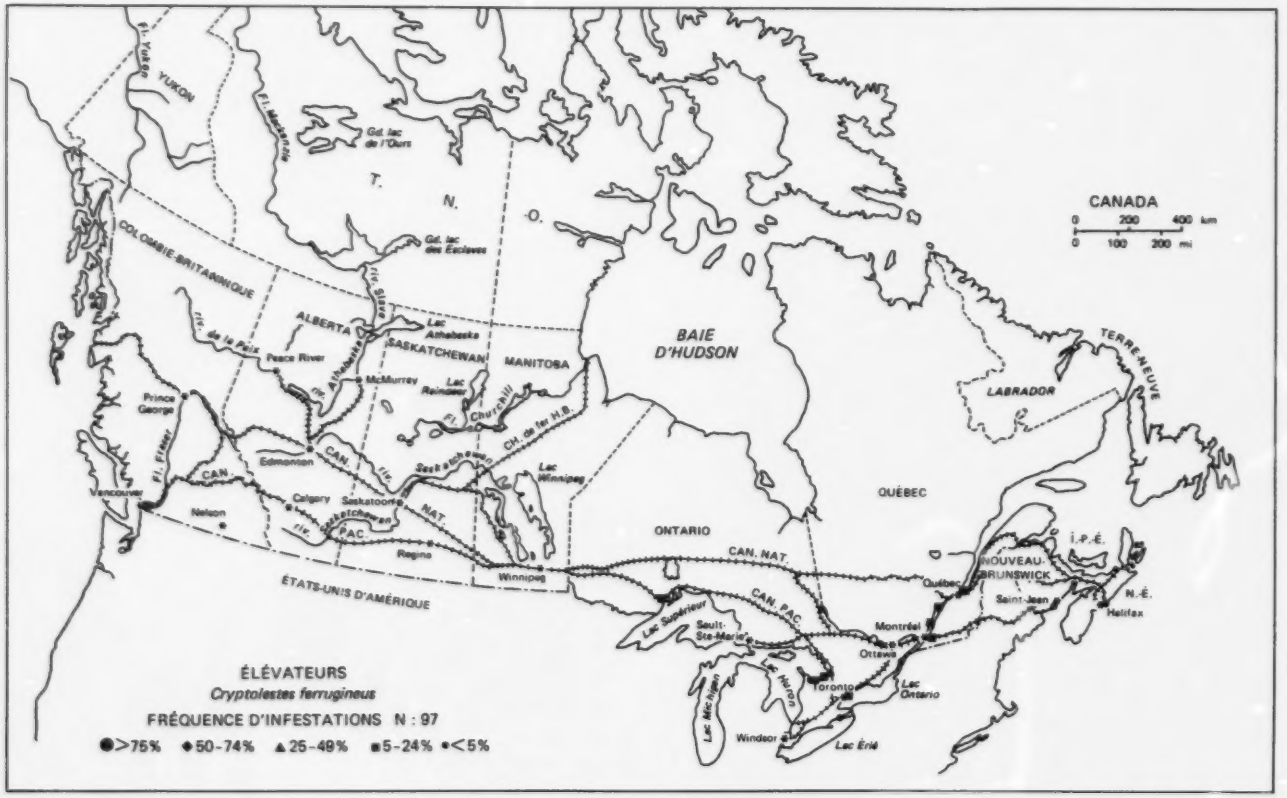
Carte 13 Distribution de *Tribolium confusum* dans les minoteries.



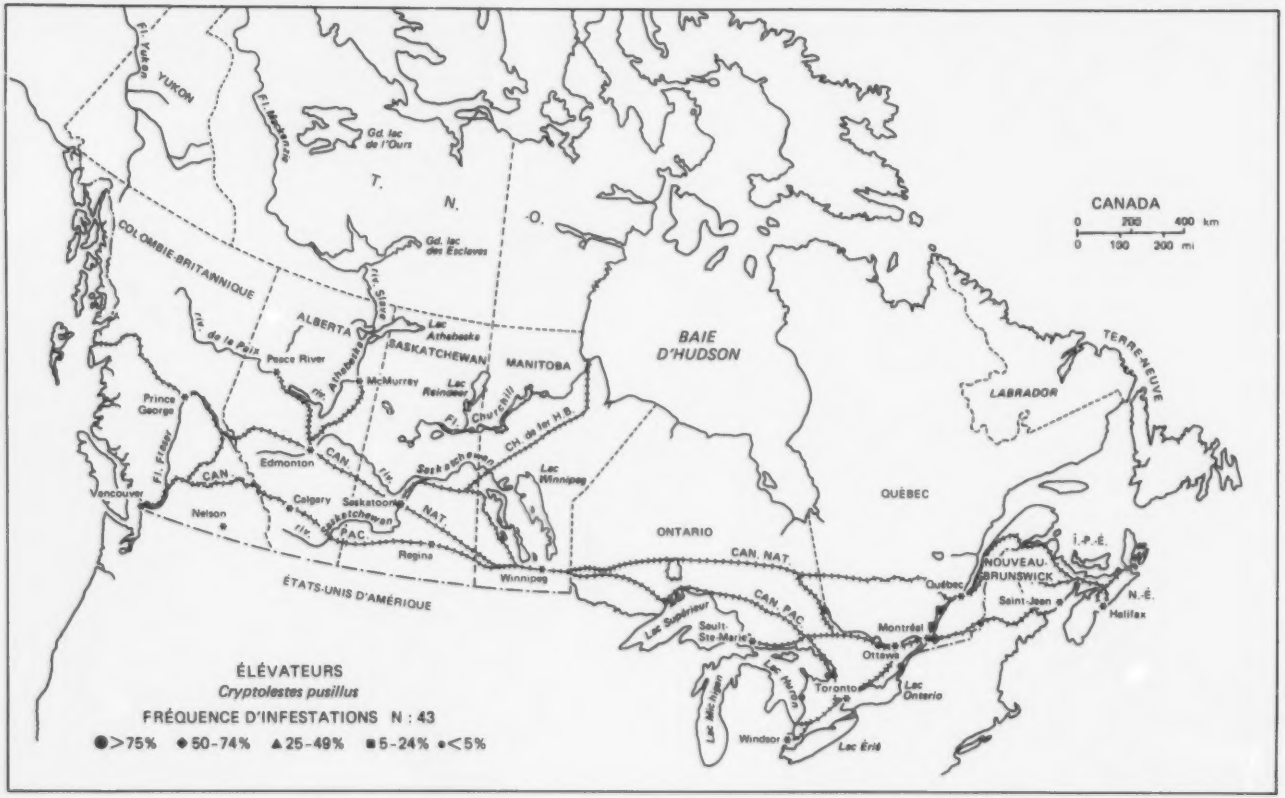
Carte 14 Distribution de *Trogoderma inclusum* dans les minoteries.



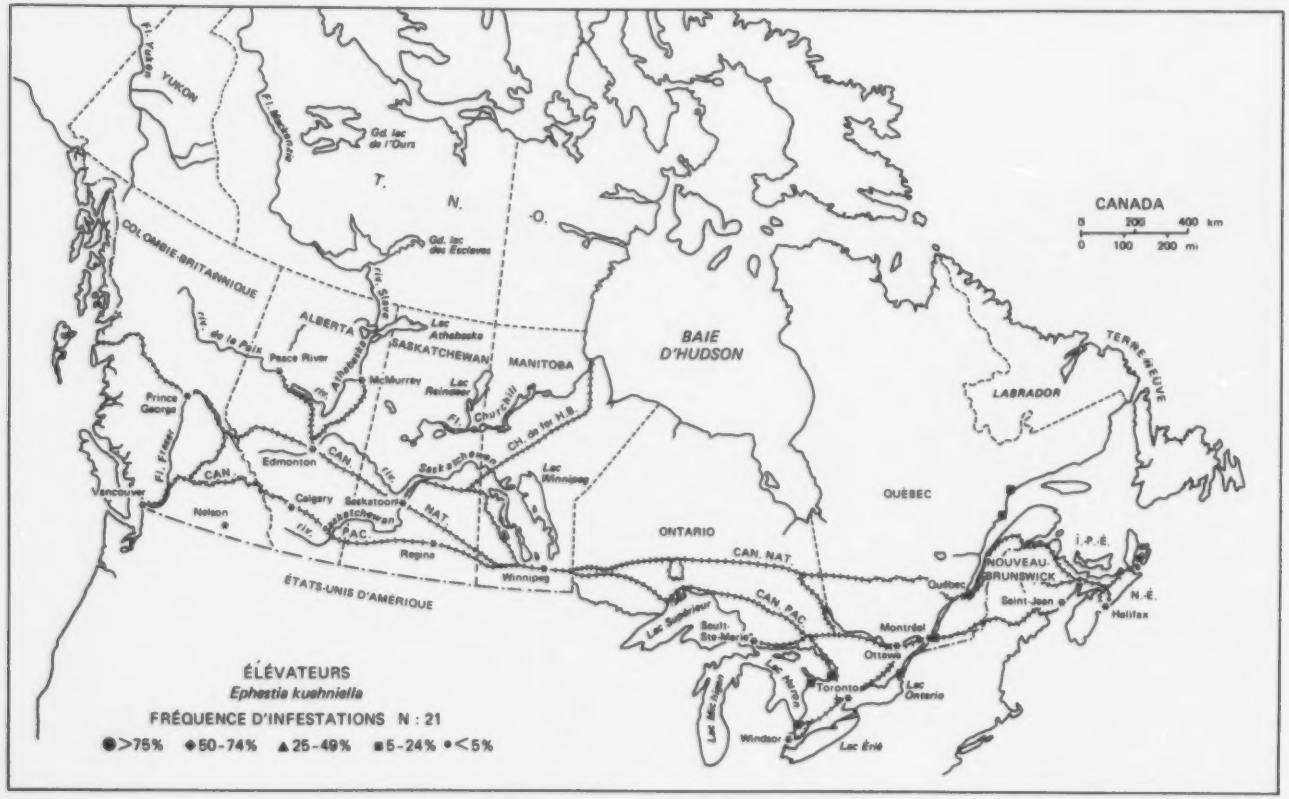
Carte 15 Distribution des *Attagenus* spp. dans les silos-élévateurs.



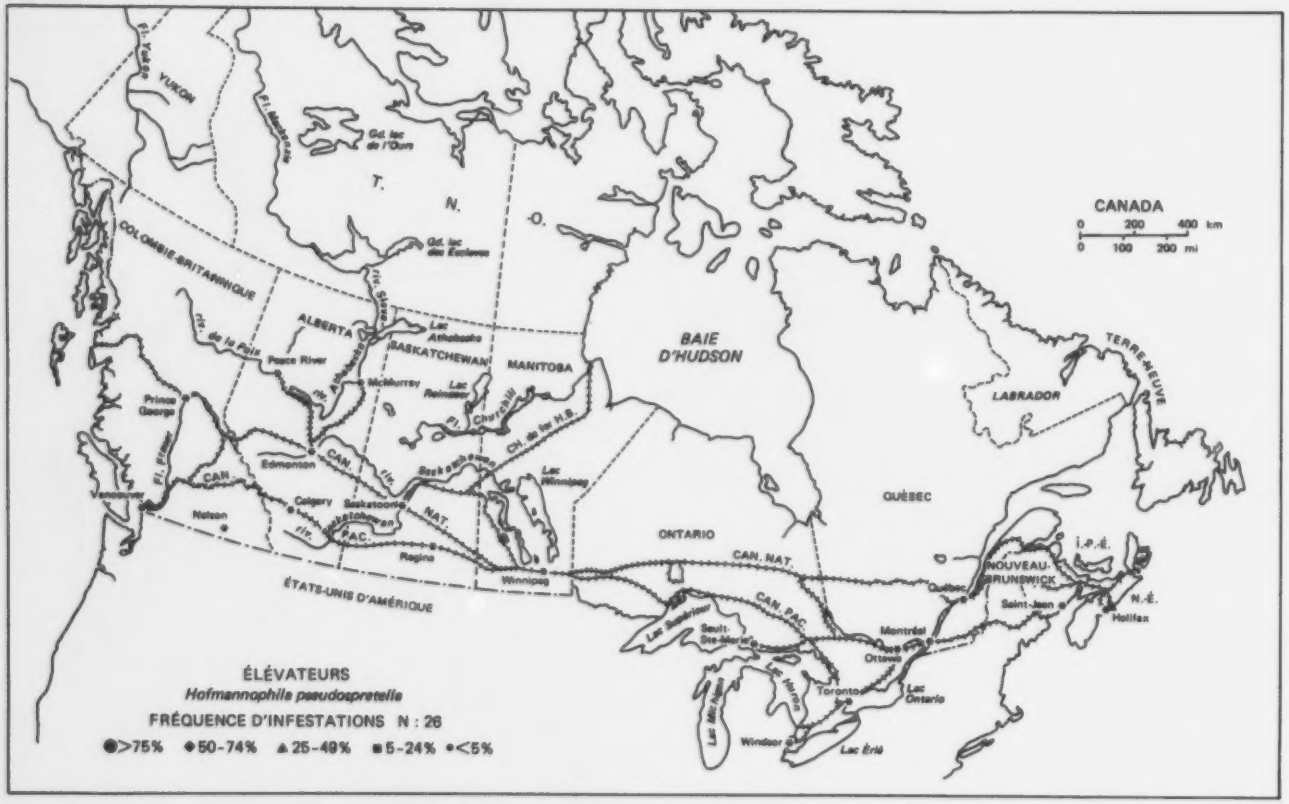
Carte 16 Distribution de *Cryptolestes ferrugineus* dans les silos-élévateurs.



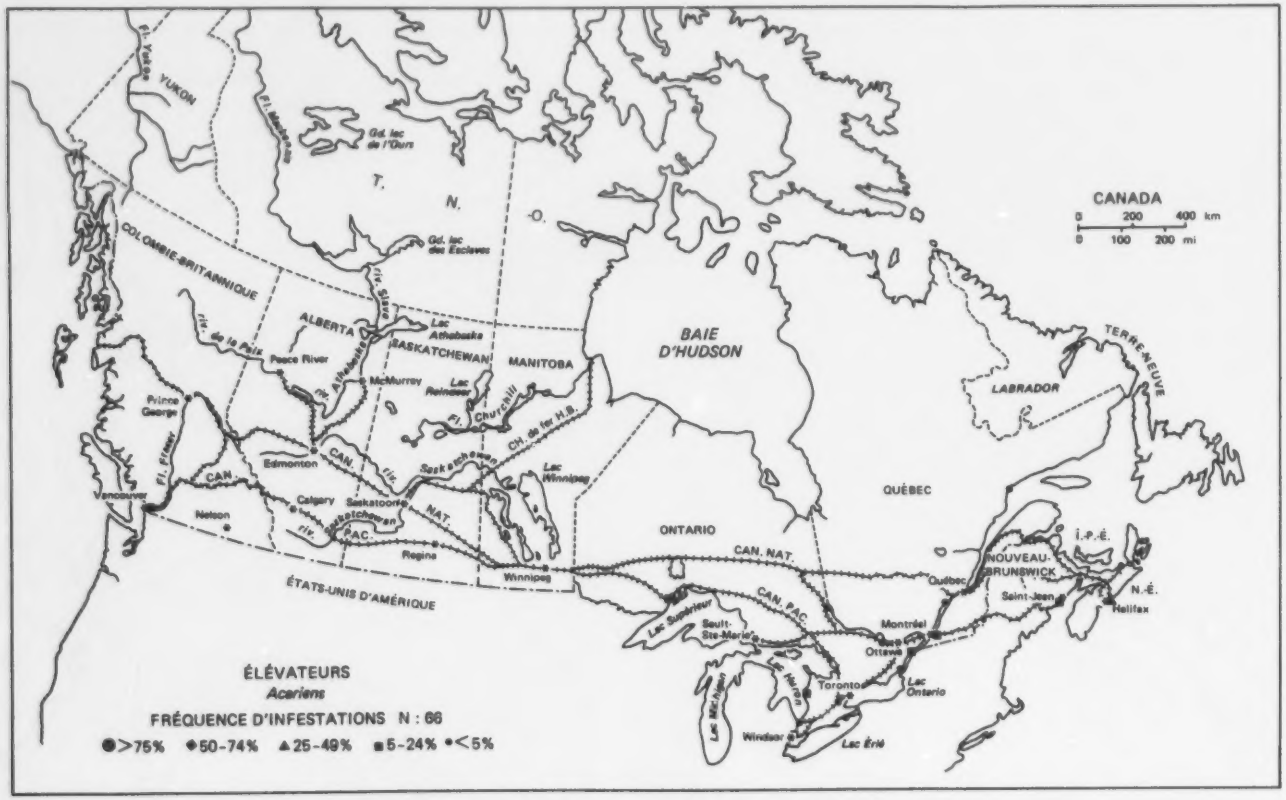
Carte 17 Distribution de *Cryptolestes pusillus* dans les silos-élévateurs.



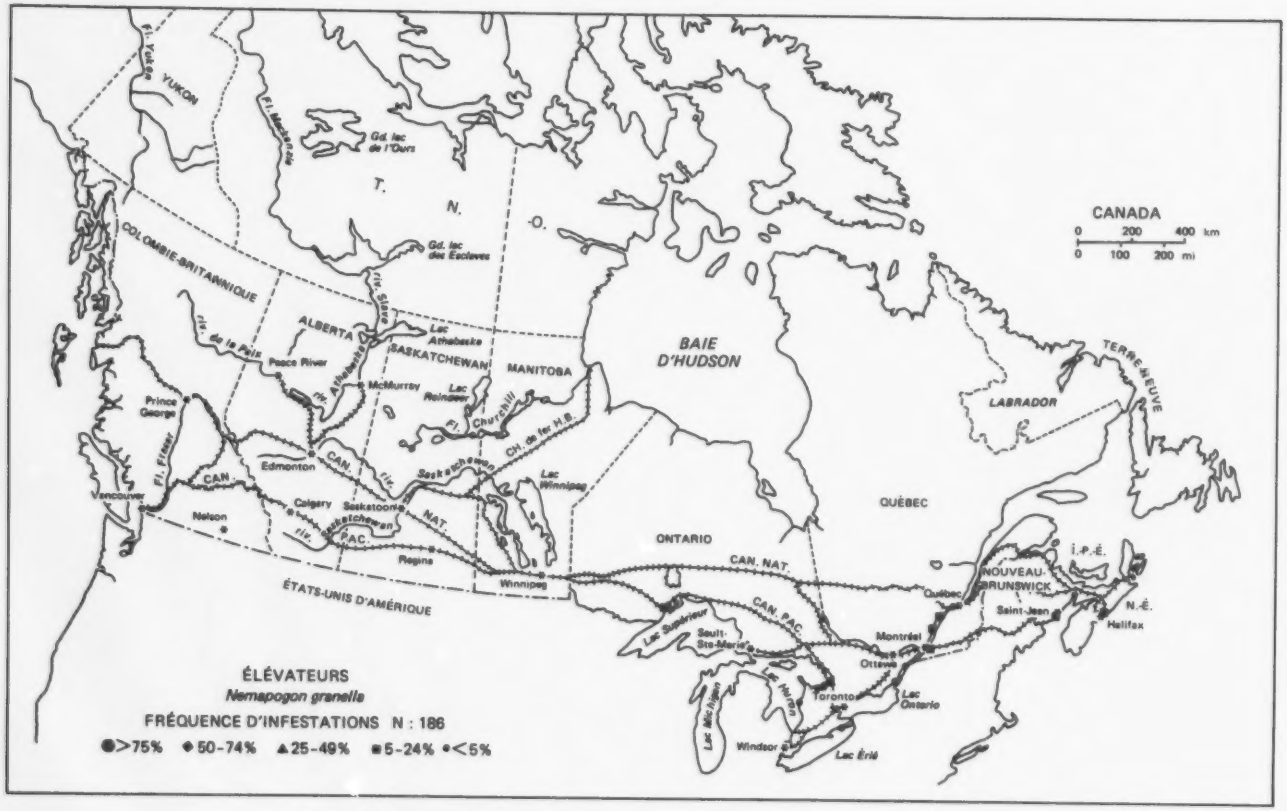
Carte 18 Distribution d'*Ephestia kuehniella* dans les silos-élévateurs.



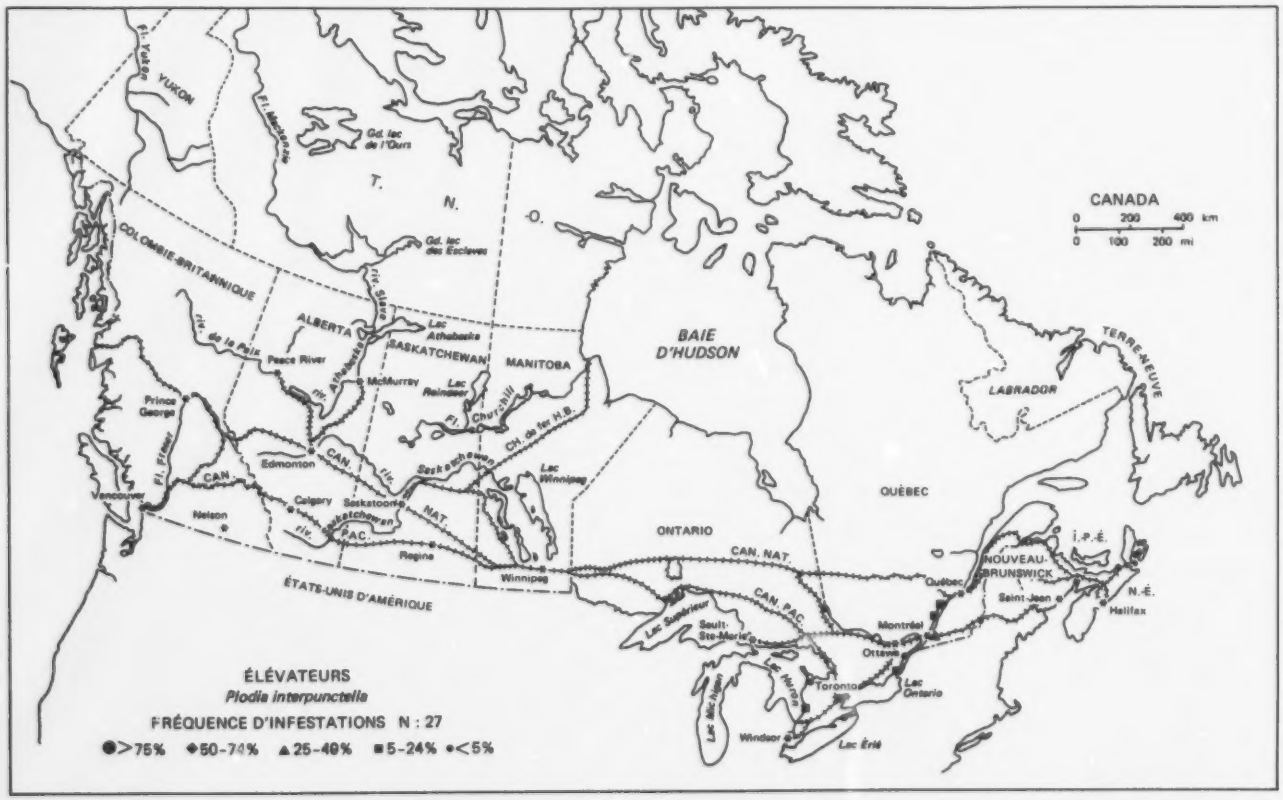
Carte 19 Distribution de *Hofmannophila pseudospretella* dans les silos-élévateurs.



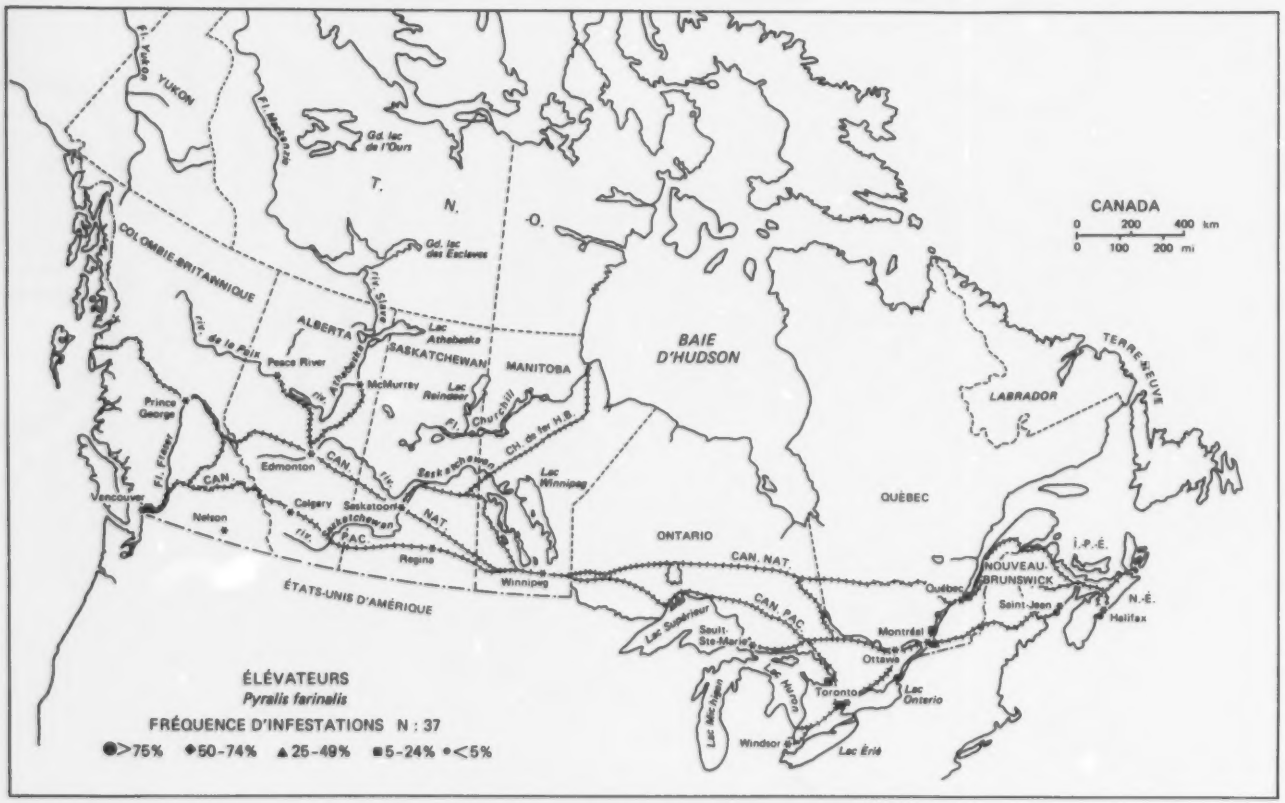
Carte 20 Distribution des acariens dans les silos-élévateurs.



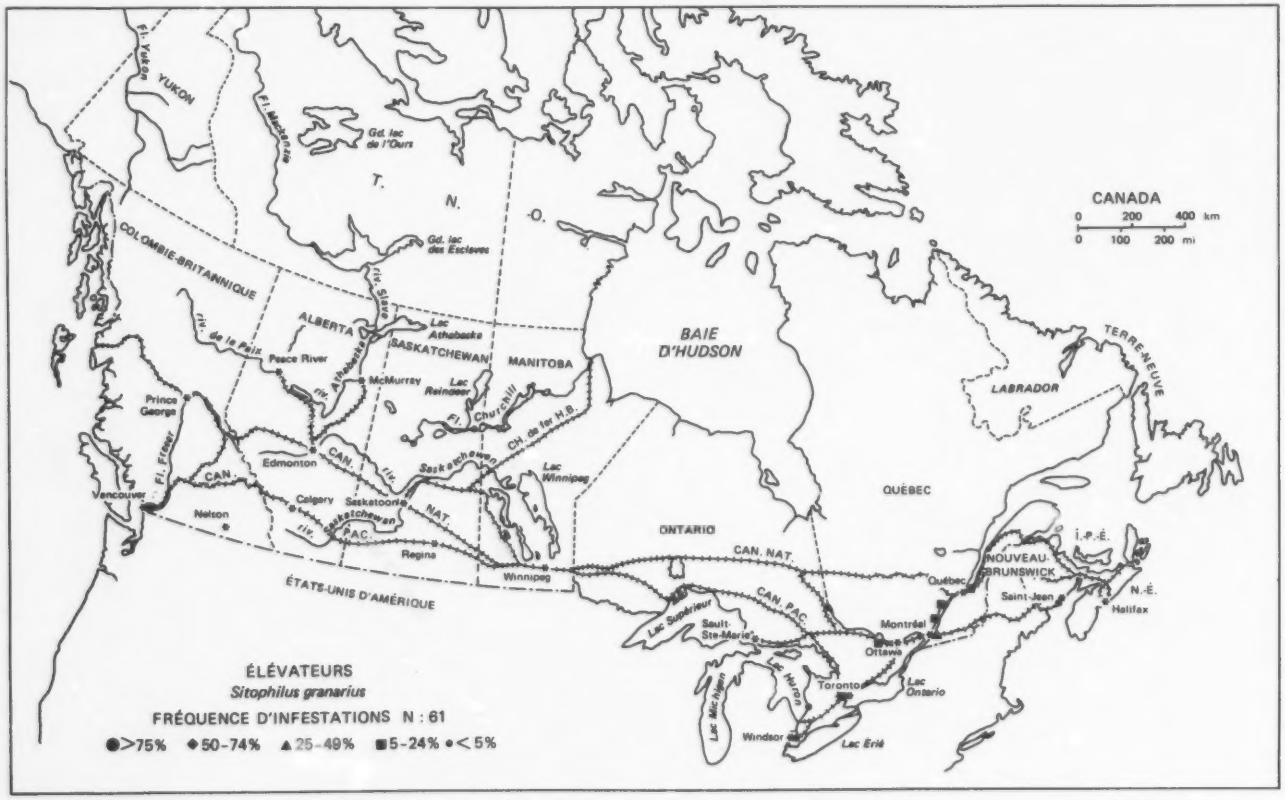
Carte 21 Distribution de *Nemapogon granella* dans les silos-élévateurs.



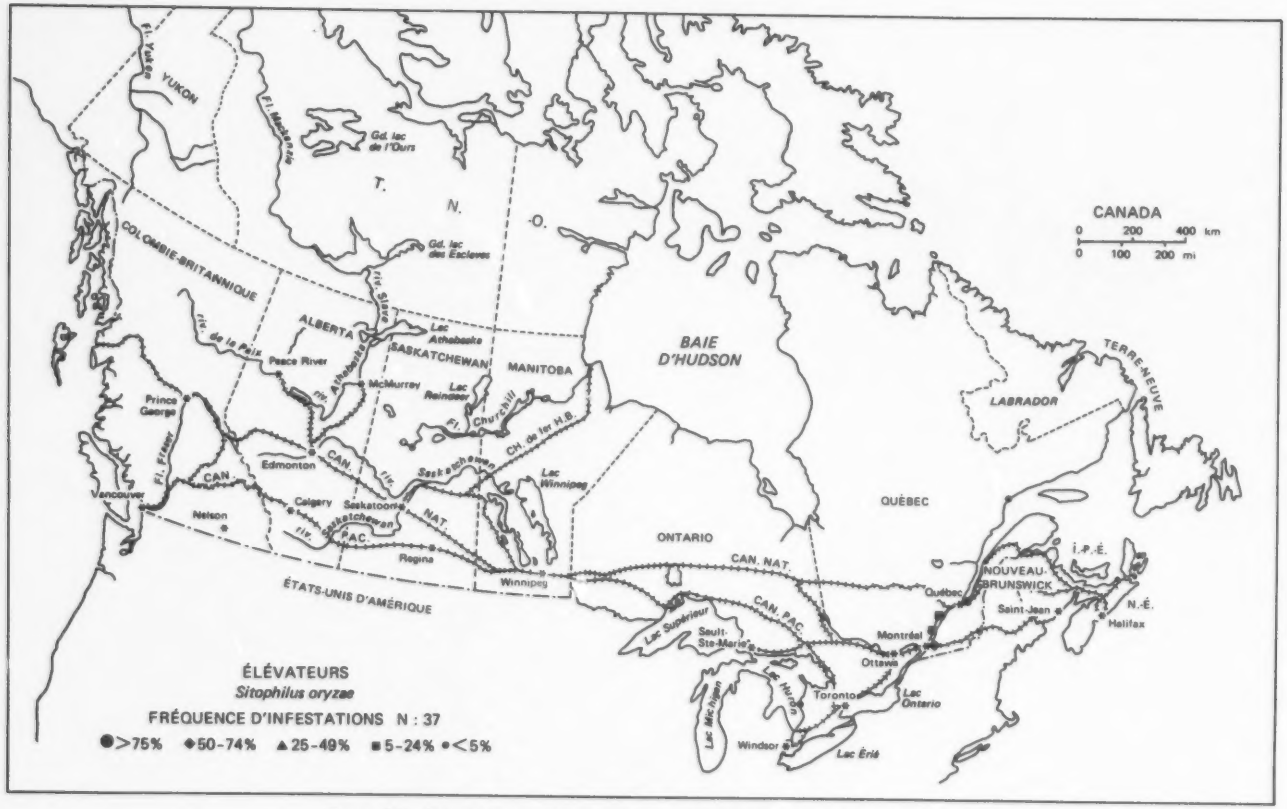
Carte 22 Distribution de *Plodia interpunctella* dans les silos-élévateurs.



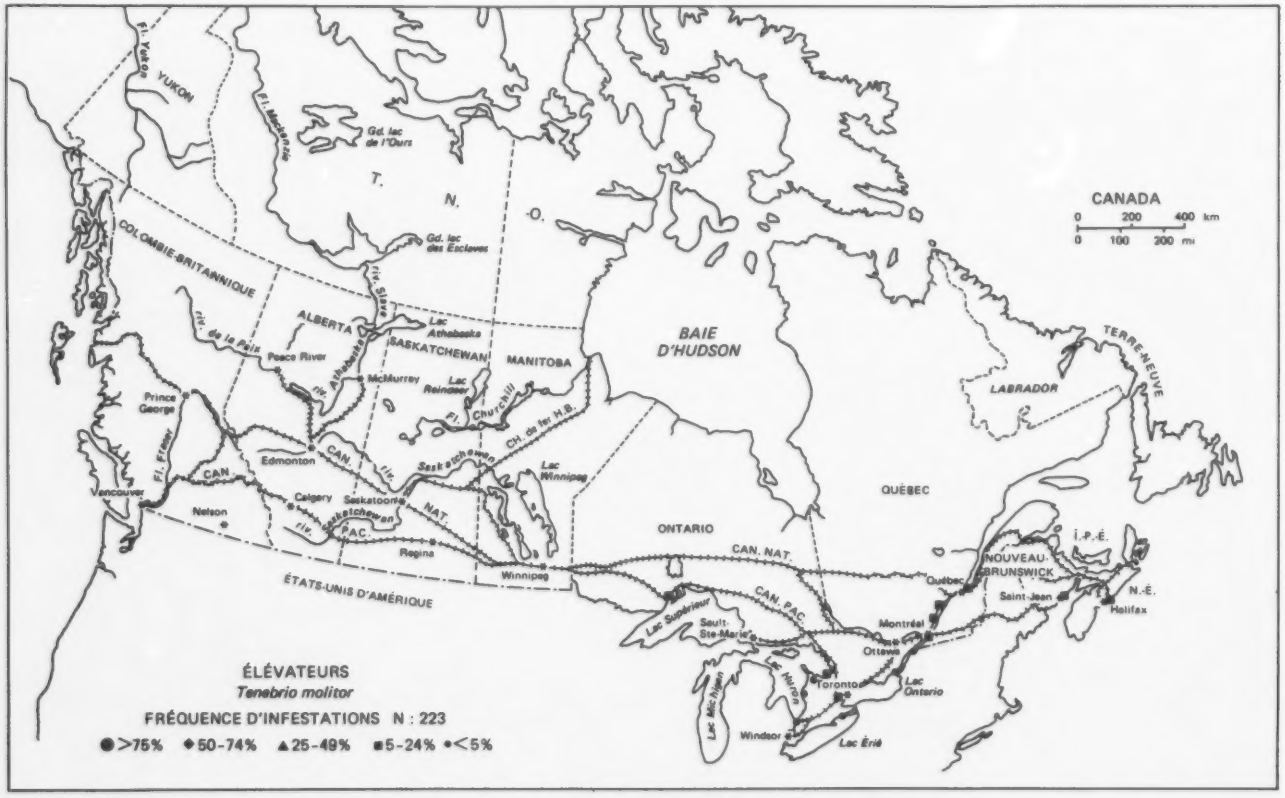
Carte 23 Distribution de *Pyralis farinalis* dans les silos-élévateurs.



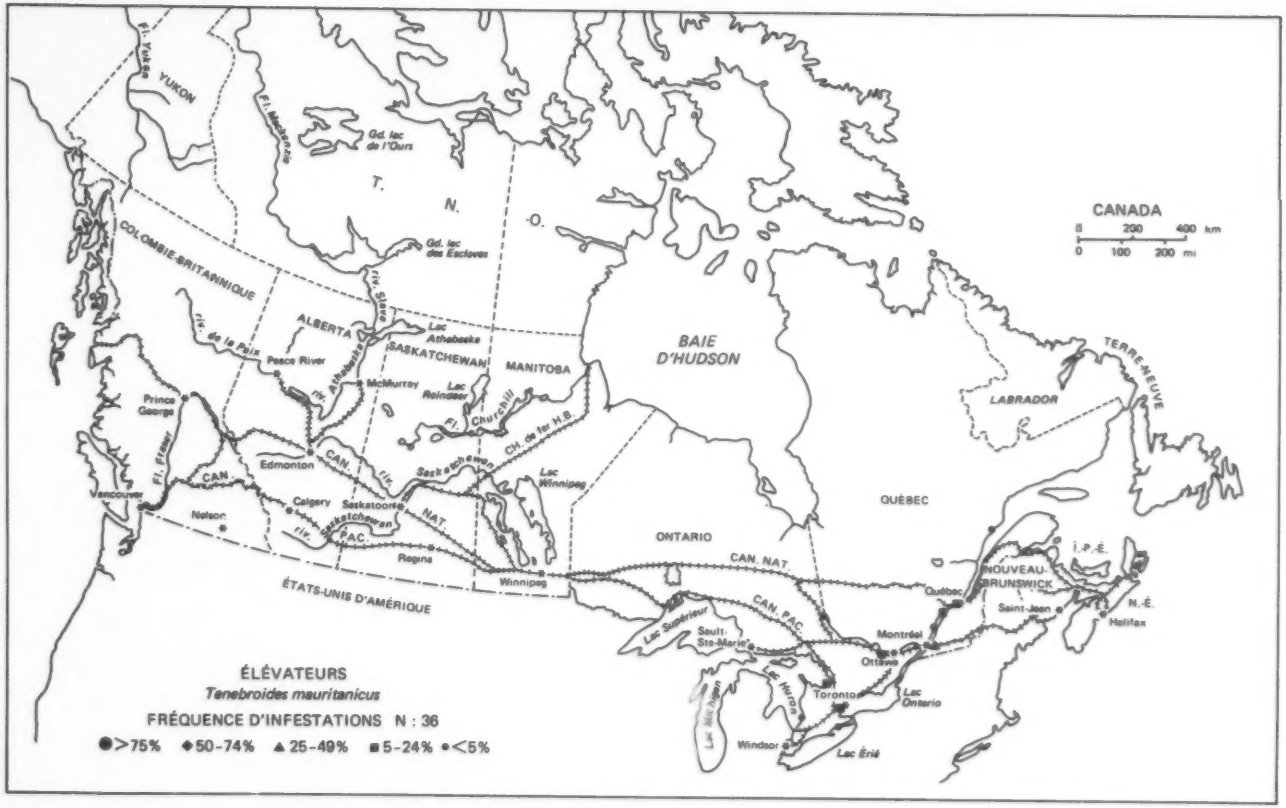
Carte 24 Distribution de *Sitophilus granarius* dans les silos-élévateurs.



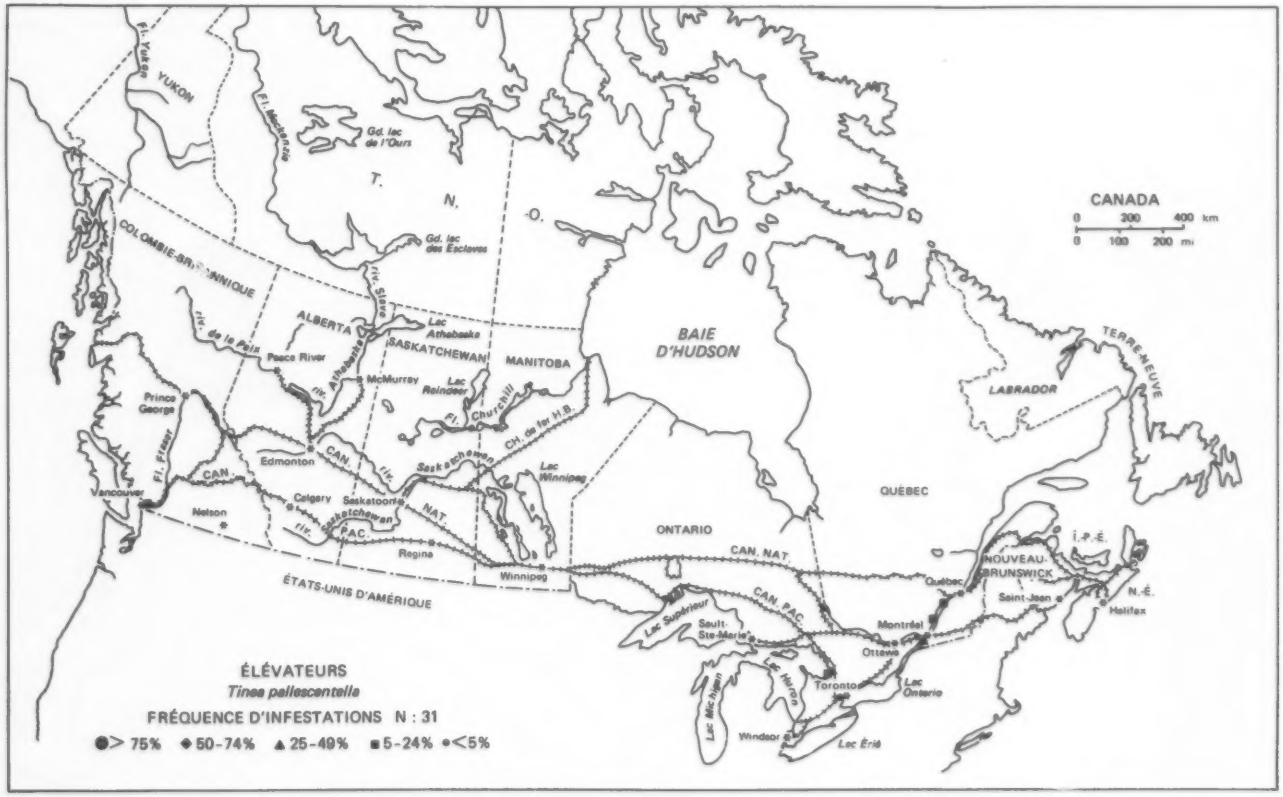
Carte 25 Distribution de *Sitophilus oryzae* dans les silos-élévateurs.



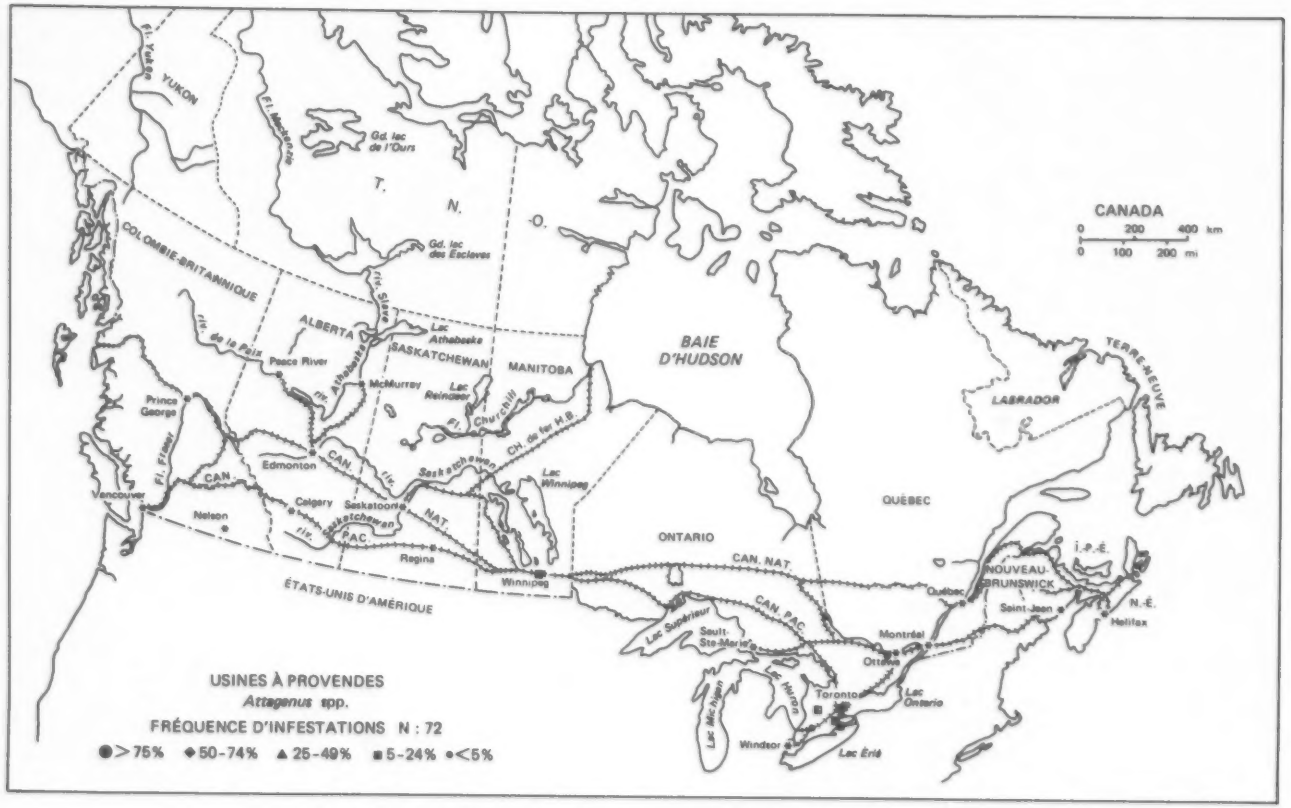
Carte 26 Distribution de *Tenebrio molitor* dans les silos-élévateurs.



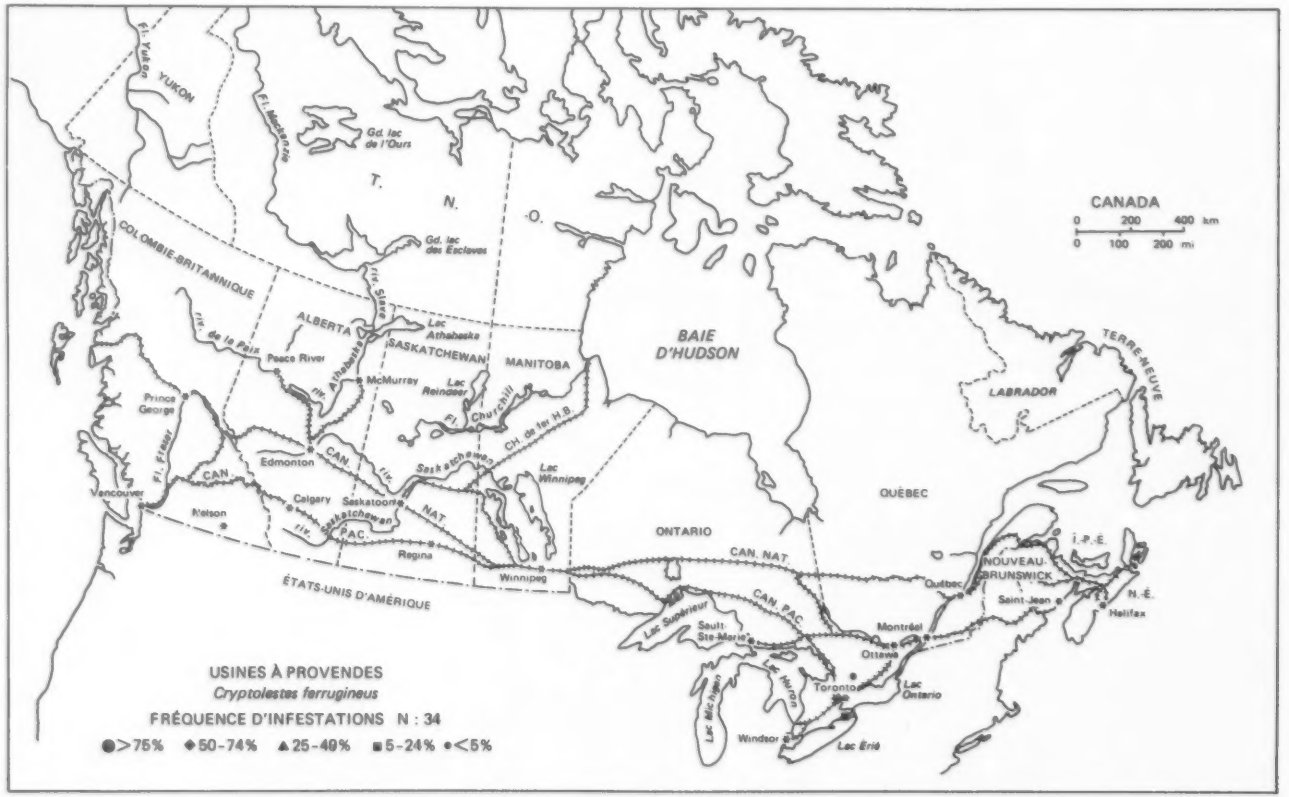
Carte 27 Distribution de *Tenebroides mauritanicus* dans les silos-élévateurs.



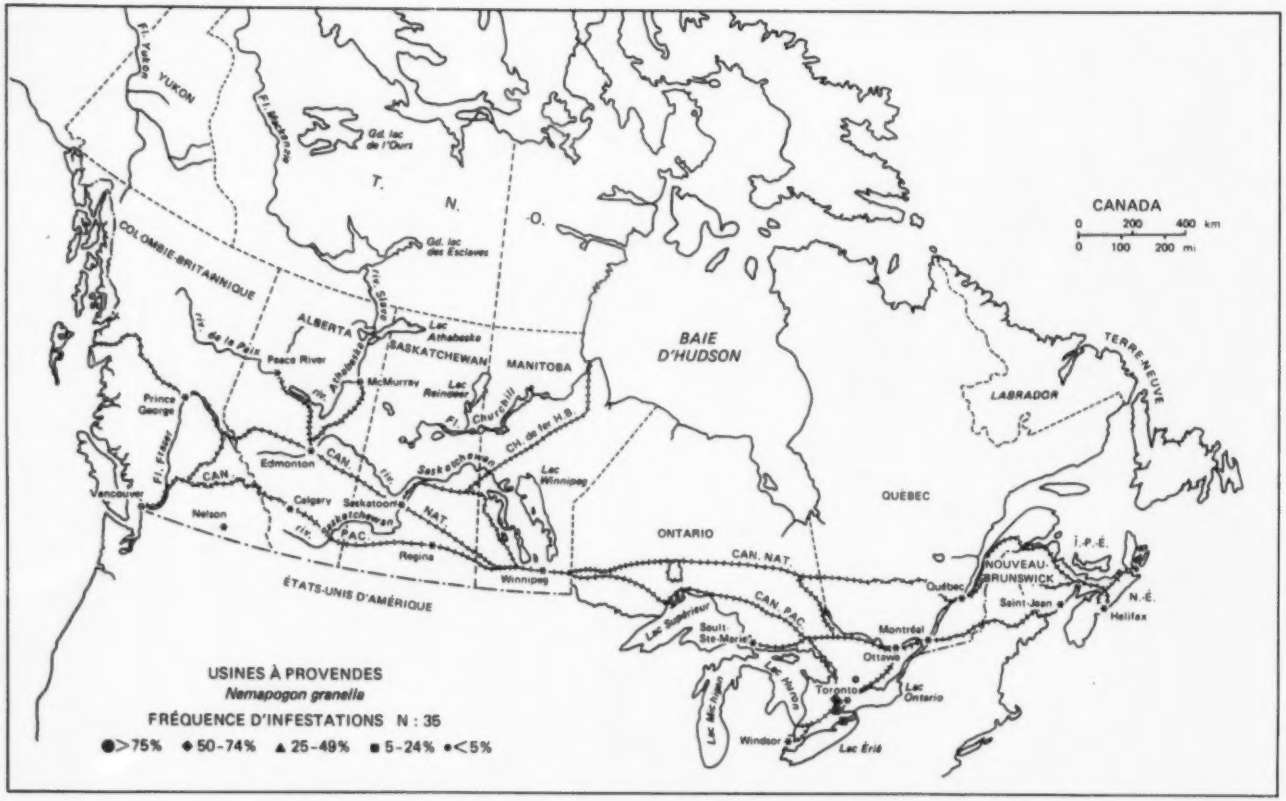
Carte 28 Distribution de *Tinea pallescentella* dans les silos-élévateurs.



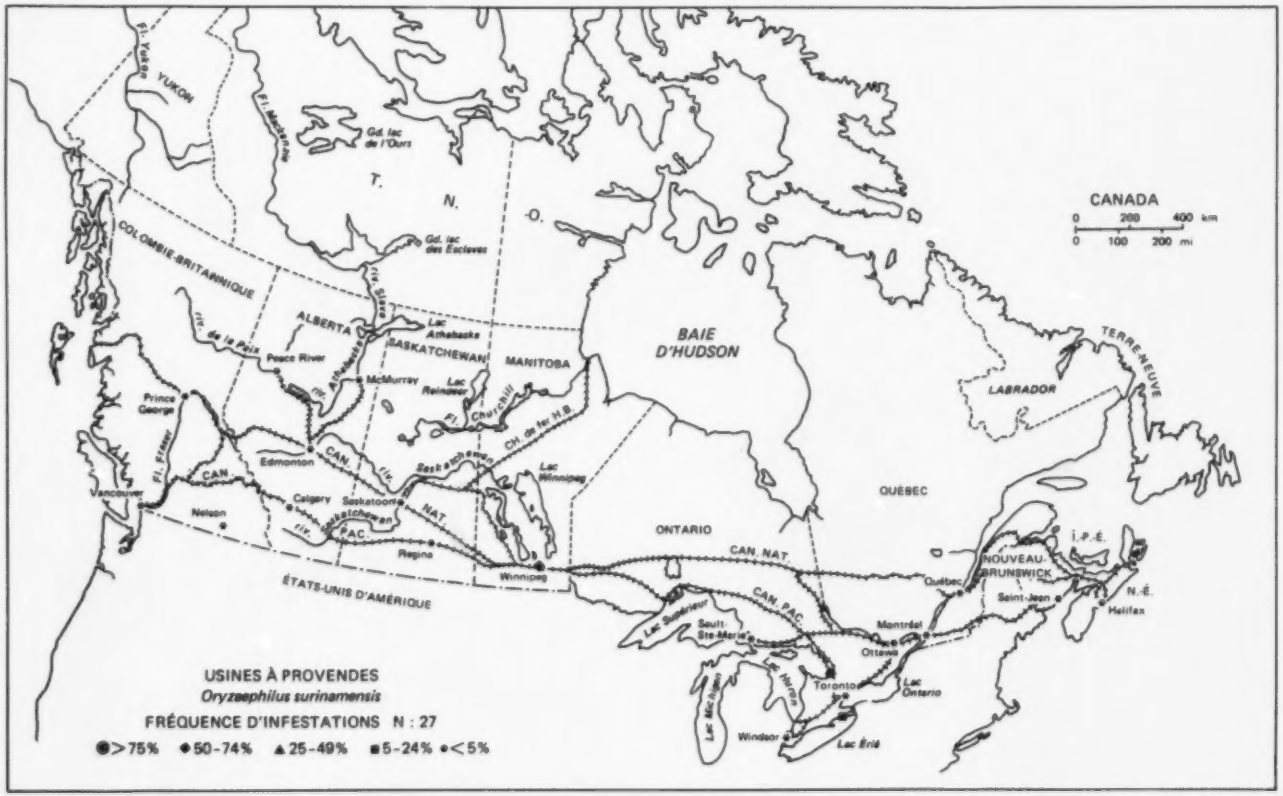
Carte 29 Distribution des *Attagenus* spp. dans les usines à provendes.



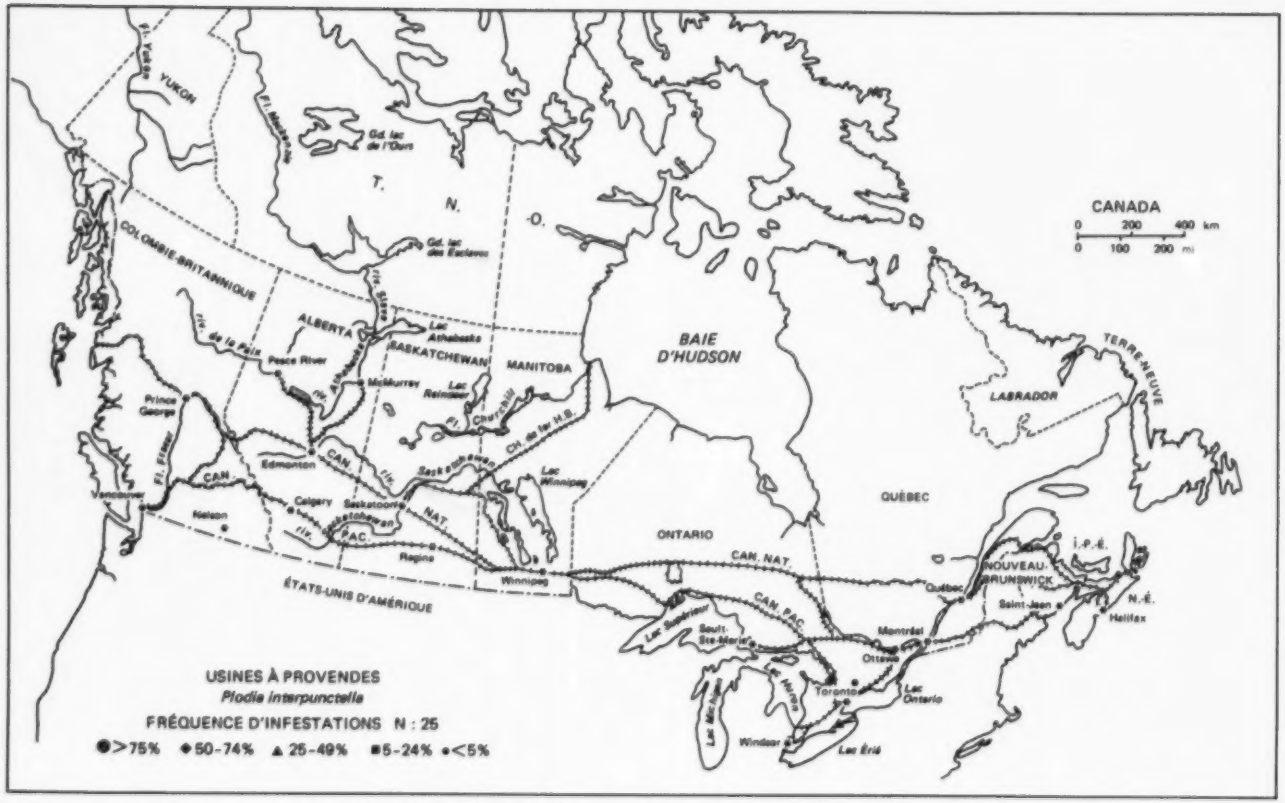
Carte 30 Distribution de *Cryptolestes ferrugineus* dans les usines à provendes.



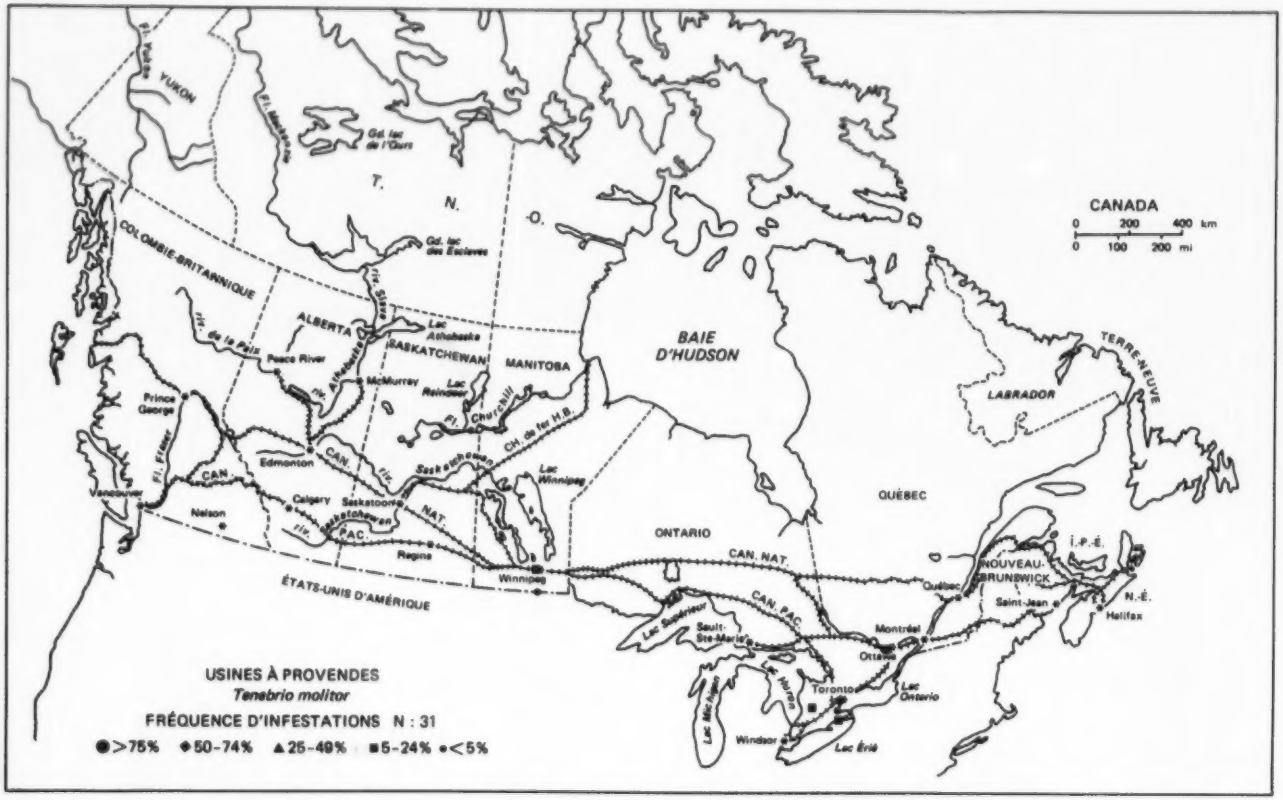
Carte 31 Distribution de *Nemapogon granella* dans les usines à provendes.



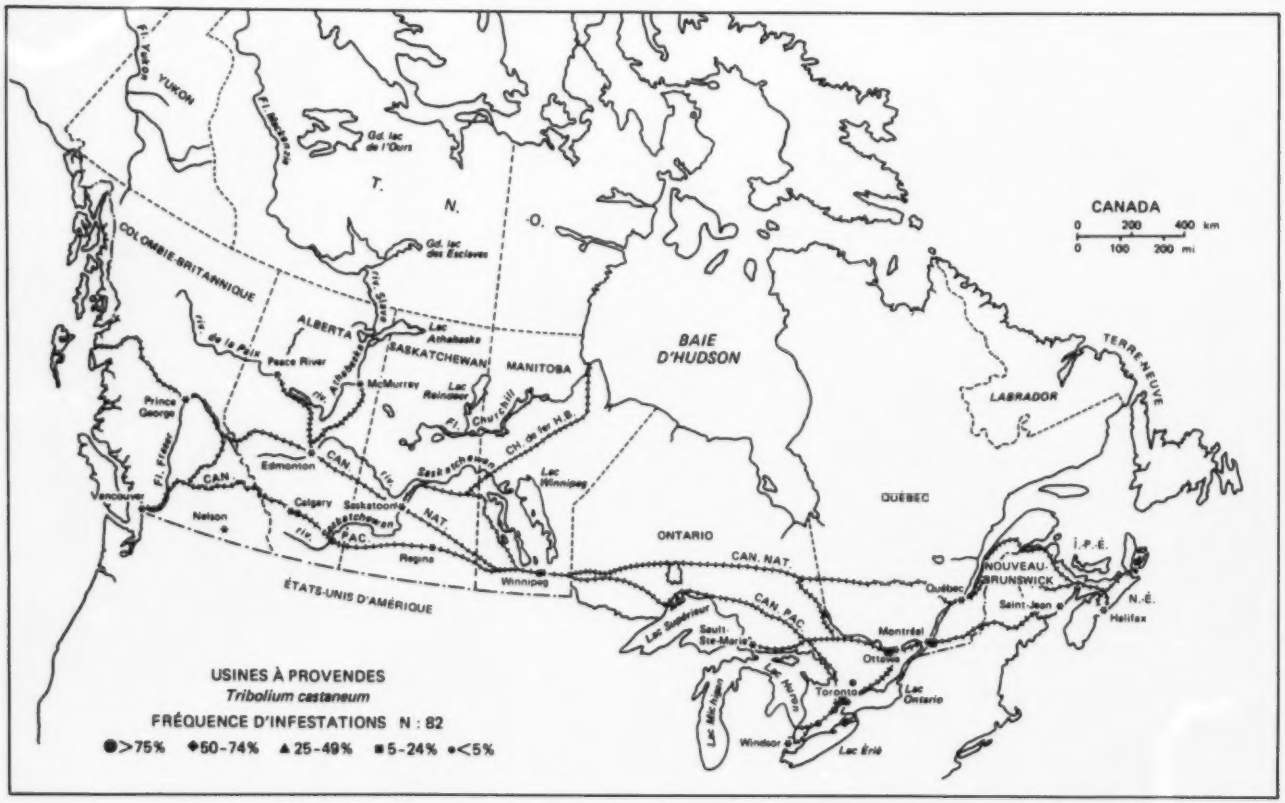
Carte 32 Distribution d'*Oryzaephilus surinamensis* dans les usines à provendes.



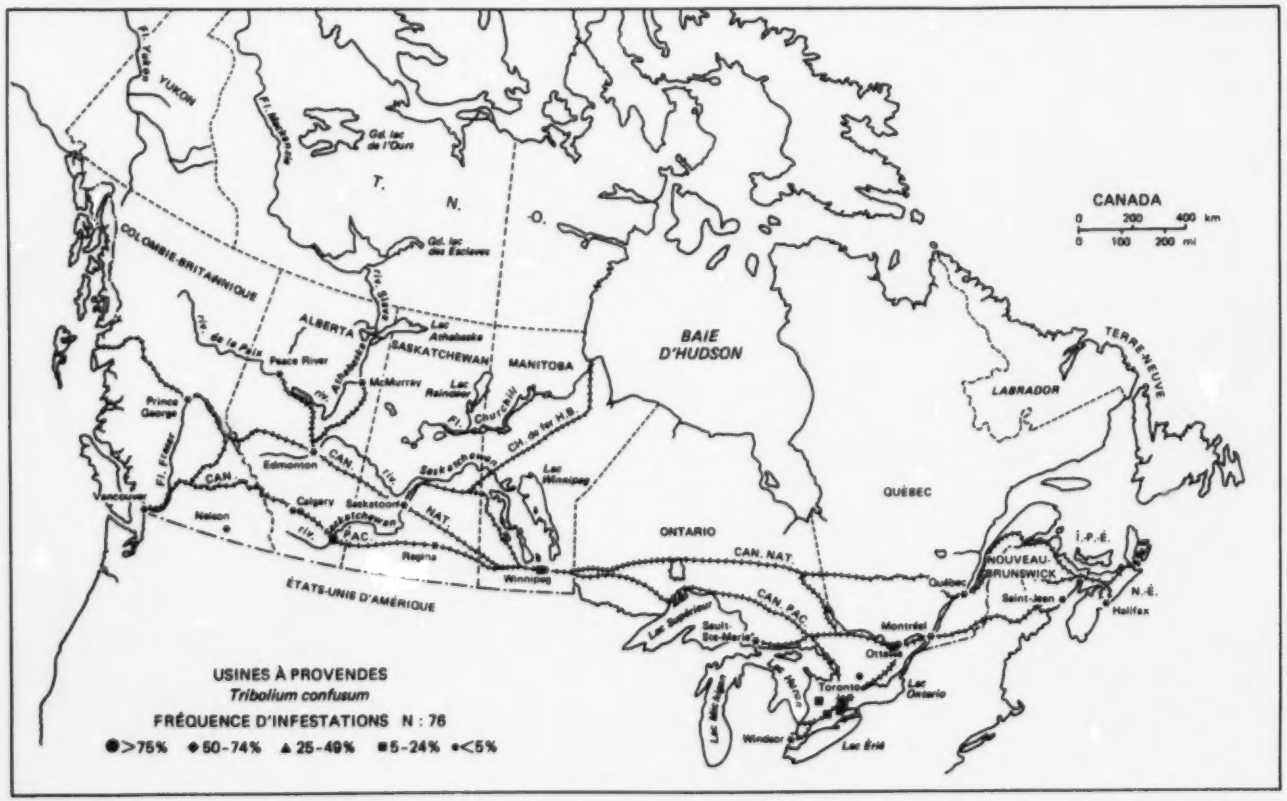
Carte 33 Distribution de *Plodia interpunctella* dans les usines à provendes.



Carte 34 Distribution de *Tenebrio molitor* dans les usines à provendes.



Carte 35 Distribution de *Tribolium castaneum* dans les usines à provendes.



Carte 36 Distribution de *Tribolium confusum* dans les usines à provendes.

Index par sujet

(Les numéros des pages renvoyant aux illustrations sont en italiques.)

adaptabilité aux facteurs climatiques
cadelle 222
charançon 209, 213
coléoptères 184, 188, 193, 199, 217, 225, 227, 232, 235, 239, 242
de certains insectes
pyrale 207
teigne 196, 203
Afrique
climat 31–33
cultures céréalières 32
ravageurs de denrées entreposées 31
Amérique du Nord
climat 40
ravageurs de denrées entreposées 39–41
régions céréalières 40
Argentine
climat 38
ravageurs de denrées entreposées 38
assainissement, dans la lutte contre les ravageurs 60
Australie
climat 35, 36
ravageurs de denrées entreposées 36

Birmanie
climat 37
ravageurs de denrées entreposées 37, 38

Cadelle (*Tenebroides mauritanicus*) 221–224, *219*
Canada
climat 39, 40
entreposage du grain 96
facteurs atténuant l'effet des conditions climatiques 41
principaux ravageurs des denrées entreposées 39, 40
rapports d'inspection phytosanitaire
analyse 99
infestations signalées 99
ravageurs de denrées entreposées
cadelle 221
charançon 209, 213
coléoptères 184, 187, 192, 199, 217, 225, 227, 231, 235, 238, 241
pyrale 206
teigne 196, 202
champignons
dans le grain entreposé 13, 14
en tant que nourriture pour les insectes 17, 58, 185, 188, 193, 203, 207, 227
rôle dans l'écosystème 16, 17
charançon
charançon du blé (*Sitophilus granarius*) 209–213, *218*
charançon du riz (*Sitophilus oryzae*) 213–216, *218*
monde, insectes des denrées entreposées dans le (106 espèces) 47–57
résistance aux moyens chimiques 66
ténébrion meunier (*Tenebrio molitor*) 217, *219*, 220, 221
charançon du blé (*Sitophilus granarius*) 209–213, *218*
charançon du riz (*Sitophilus oryzae*) 213–216, *218*
classes de ravageurs des denrées entreposées 58
classification des ravageurs des denrées entreposées 42–46
climat
conditions climatiques, facteurs atténuant les 41
conditions météorologiques
effets sur les insectes 19
définition 19
définition 19
effets du climat sur les insectes 19
humidité, calcul de l'humidité relative 23
influences sur les insectes ravageurs de denrées entreposées
types de céréales examinés 21
ravageurs examinés 22
milieu exposé 21
milieu protégé 21
types d'infestation des céréales
Afrique 32
Argentine 38
Australie 35
Birmanie 37
Canada et États-Unis 39–40
Ghana 31–32
Inde 34–35
U.R.S.S. 36–37

zones climatiques du monde 23, 25, 26
Afrique 31
Argentine 38
Australie 35
Birmanie 37
Canada et États-Unis 39–40
classification 25
Inde 34–35
U.R.S.S. 36–37
Colombie-Britannique
distribution saisonnière
minoteries 142
silos-élévateurs à grains 149
infestations multiples par des arthropodes dans les silos-élévateurs à grains 169
infestations saisonnières 111
Coléoptères
cucujide dentelé des grains (*Oryzaephilus surinamensis*) 199–202, *218*
cucujide des grains (*Ahasverus advena*) 184–187
cucujide plat (*Cryptolestes pusillus*) 192–196
dermeste des grains (*Trogoderma granarium*) 241–244
ténébrion meunier (*Tenebrio molitor*) 217, *219*, 220, 221
Tribolium audax 225–226
tribolium brun de la farine (*Tribolium confusum*) 231–235, *219*
tribolium de la farine (*Tribolium destructor*) 235–238
Tribolium madens, 238–241, *219*
tribolium rouge de la farine (*Tribolium castaneum*) 227–231
Commission canadienne des grains 96
conditions limites et optimales de multiplication
de certaines espèces d'insectes
cadelle 221
charançon 211, 215
coléoptères 186, 190, 195, 201
pyrale 205
teigne 197
humidité relative de croissance 58
température de croissance 58
cucujide dentelé des grains (*Oryzaephilus surinamensis*) 199–202, *218*
isopodes 147
cucujide des grains (*Ahasverus advena*) 184–187
cucujide plat (*Cryptolestes pusillus*) 192–196
cucujide roux (*Cryptolestes ferrugineus*) 187–192, *218*
moyen chimique 72
cycle vital
de certaines espèces
cadelle 223
charançon 211, 215
coléoptères 186, 190, 195, 201, 205, 220, 226, 230, 233, 237, 240, 243
pyrale 205, 208
teigne 198
durée du cycle 58
longévité de l'adulte 59
taux d'accroissement 59
taux d'accroissement, certaines espèces
cadelle 223
charançon 211, 215
coléoptères 190, 195, 201, 230, 233, 243
pyrale 205
teigne 197

denrées
catégorie de, infestées 58
infestées par certains insectes
cadelle 222
charançon 210, 214
coléoptères 185, 188, 193, 200, 217, 225, 227, 232, 236, 239, 242
pyrale 207
teigne 197, 203
dermeste des grains (*Trogoderma granarium*) 241, 244
distribution géographique de certains insectes
cadelle 222
charançon 209, 213
coléoptères 184, 187, 193, 199, 217, 225, 227, 232, 235, 238, 242
pyrale 207
teigne 196, 202
divers ravageurs de denrées entreposées 47
DL_{50} (voir **toxicité**)
dommages causés par certains insectes
cadelle 222
charançon 210, 214
coléoptères 185, 188, 193, 200, 217, 225, 228, 232, 236, 239, 242
pyrale 207

teigne 197, 204
dommages aux récoltes, causés par les insectes 45, 46
déficit de saturation 33

écologie
biosystème 13
communauté 13
de certains insectes
cadelle 224
charançon 212, 215
coléoptères 186, 191, 195, 201, 221, 226, 230, 234, 237, 241, 244
pyrale 208
teigne 198, 205
définitions 12, 13
écosystème 10, 13
infestations multiples par des arthropodes 163
niveaux d'organisation 12
population 13
écosystème
consommateurs, action des 16
consommateurs, exemples de 15, 16
décomposeurs, action des 15
définition 10
description 10, 13, 14
gestion 11
perte 10, 11
réseau alimentaire 13
transfert énergétique 13
écologie de l'entreposage 13, 14
étude de la diversité des insectes ravageurs 16, 17
facteurs de l' 10
masse de grains, comme exemple d'un 14
rôle des insectes et de la microflore 16
stabilité 13
succession 13
effets du climat à diverses étapes d'entreposage en
Afrique 27
Amérique du Nord 27
ennemis naturels
de certains insectes
cadelle 224
charançon 213, 216
coléoptères 187, 192, 196, 202, 221, 226, 231, 234, 238, 241, 244
pyrale 206, 208
teigne 198
description des 45, 46

Entoleter 61
entreposage du grain
contenants à l'épreuve des insectes 61
détérioration, causes de 10, 11
écosystème 13
effets du climat 26, 27
hermétiques, silos 62
retournement 58
ventilation 58
entreposage du grain au Canada 96
inspection 96
installations d'entreposage, quantité et catégorie 96
rapports d'inspections phytosanitaires 96
rôle d'Agriculture Canada 96
entrepôts (*voir* **usines à provendes**)
États-Unis
climat 39, 40
ravageurs des denrées entreposées 39, 40
récoltes 39, 40

fausse-teigne des grains (*Nemapogon granella*) 196–198
fumigants (voir aussi **moyens chimiques; insecticides**)
application, facteurs influant sur l' 92
bromure de méthyle 75
chloropicrine 77
dichlorure d'éthylène 76
dose et application 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81
mélanges de fumigants 79, 80
phosphine 78, 79, 89, 90, 91
résidus 76, 77, 78
sécurité 92, 93
sulfure de carbone 77
tétrachlorure de carbone 77
toxicité 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81
fumigation
de gros volumes de grain en vrac 89
de petits volumes de grain en vrac 89
des minoteries 90, 91
dose 79, 80, 81
durée 89, 90, 91
facteurs influant sur l'efficacité de la 74, 92
mesures de sécurité pour la 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 88–94

gaz inerte moyen de lutte contre les insectes 62
gestion des programmes de désinfestation, stratégie 80

Ghana
climat du 31
effet du climat sur les insectes 31
ravageurs de denrées entreposées 32, 33

humidité relative
conditions limites et optimales de multiplication
cadelle 223
charançon 211, 215
coléoptères 186, 190, 195, 201, 220, 226, 230, 233, 236, 240, 243
pyrale 205, 208
teigne 197
développement des insectes des denrées entreposées 58

importance économique de certains insectes
cadelle 221
charançon 209, 213
coléoptères 184, 187, 192, 199, 217, 225, 227, 231, 235, 238, 241
pyrale 206
teigne 196, 202
Inde
climat 34, 35
ravageurs de denrées entreposées 34
indice d'adaptabilité climatique 59
calcul de l' 29, 30
définition de l' 28
paramètres de l' 29
taux d'accroissement des espèces 29
infestations par des ravageurs de denrées entreposées
au Canada 39, 40
au Ghana 32
aux États-Unis 39, 40
catégories de denrées préférées 58
etendue des infestations à l'échelle nationale dans les
minoteries 114–122
silos-élévateurs à grains 123–136
usines à provendes 137–142
étendue des infestations à l'échelle régionale dans les
minoteries 142–149
silos-élévateurs à grains 149–156
usines à provendes 156, 163
en Afrique 31
en Amérique du Nord
en Argentine 38, 39
en Australie 35, 36
en Birmanie 37, 38
en Inde 34, 35
en U.R.S.S. 36, 37
espèces les plus répandues dans les
minoteries 106
silos-élévateurs à grains 107
usines à provendes 109
infestations multiples dans les
minoteries 164–168
silos-élévateurs à grains 107
usines à provendes 173, 174, 177
infestations saisonnières
Canada 99
Colombie-Britannique 111
Est de l'Ontario 112
Maritimes 113
minoteries 142–149
Prairies 111
province de Québec 112
silos-élévateurs à grains 149–156
Thunder Bay (Ontario) 111
usines à provendes 156, 163
insectes
adaptabilité aux variations climatiques 28
association avec diverses denrées et divers habitats 99, 100
association avec les denrées entreposées 44
caractéristiques biologiques
durée du cycle 58
humidité relative de croissance 58
indice d'adaptabilité 59
longévité de l'adulte 59
taux d'accroissement 59
température de croissance 58
caractéristiques écologiques
classes de ravageurs 58
denrées infestées 58
distribution géographique 47
catégories de ravageurs 22
classification taxonomique 42
effets du climat 19–23
espèces associées aux denrées entreposées 44, 47
impact des
sur l'écosystème de blé en vrac artificiellement infesté 17
sur la production du grain et les pertes à l'entreposage 10, 11
indice d'adaptabilité, exemples d' 30
limites physiques 58

morphologie, caractéristiques générales
des insectes 42, 43
morphologie, externe et interne 43
pesticides utilisés 178, 183
présence et distribution au Canada
99–177
principaux insectes ravageurs en
Afrique 32
Argentine 38
Australie 35
Birmanie 37
Canada et États-Unis 39
Inde 34
U.R.S.S. 36
rapports d'inspections phytosanitaires,
analyse des 99–177
reproduction
métamorphose complète et
incomplète 43
parthénogénèse 43
taux d'accroissement 59
résistance aux insecticides 66, 67, 82, 84
ressemblance avec d'autres insectes
coléoptères 186, 189, 194, 201, 220,
226, 229, 233, 236, 239, 243
cadelle 223
charançon 211, 215
pyrale 204, 208
teigne 197
rôle dans l'écosystème 16, 17
Insecticides (*voir aussi* **moyens chimiques; fumigants**)
application, taux d' 64–73, 85–88
bendiocarb 70
bromophos 68
cypermétrine 72
DDT 65
dichlorvos 68
essence de pyrèthre 70
fénitrothion 69
fenvalérate 72
iodofenphos 69
lindale 66
malathion 67, 179, 180
perméthrine 72
pipéronyl butoxyde 71
pirimophos-méthyl 69
propoxur 70
pyréthroïdes 70
resméthrine 73
Insecticides de contact
application
brumes et brouillards 87
fumée et vapeurs 88
poussières 87
pulvérisateurs 86, 87
carbomates
préparation 70
toxicité 70
composés organophosphorés
application 67, 68, 69
mode d'action 66, 67
préparation 67, 68, 69
toxicité 67, 68, 69
essence de pyrètre et pyréthroïdes
application 70, 71, 72, 73
préparation 70, 71, 72, 73
toxicité 70, 71, 72, 73
organochlorine
application 65, 66
préparation 65, 66
toxicité 65, 66
poussières minérales 87
préparations
concentrés émulsifiables 86
poudres mouillables 86
solution huileuse 86
résidus 66, 67, 68, 69, 70
Inspections au Canada, rapports d' (*voir aussi* **phytosanitaires, rapports d'inspections**)

Lépidoptères
fausse-teigne des grains (*Nemapogon granella*) 196–198
pyrale de la farine (*Pyralis farinalis*) 206–209
pyrale indienne de la farine (*Plodia interpunctella*) 202–206, *218*

Maritimes
infestations multiples des arthropodes
dans les
minoteries 164
silos-élévateurs à grains 173
infestations saisonnières 13
présence saisonnière d'insectes dans les
minoteries 149
silos-élévateurs à grains 156
masse de grains, interférence des
conditions climatiques sur la 41
microflore (*voir* **champignons**)
minoteries
fumigation
chambres de 91

des espaces 90
localisée 91
grands ravageurs
dans les villes canadiennes 114–122
insectes communs dans les 106
distribution régionale 142–149
distribution saisonnière 142–149
infestations multiples 164–168
pesticides utilisés dans les 178
morphologie de certains insectes
cadelle 223
charançon 209, 214
coléoptères 185, 189, 194, 200, 217, 226, 228, 233, 236, 239, 242
pyrale 207
teigne 197, 204
moyens chimiques (*voir* **fumigants; insecticides**) 62
analyse de l'emploi des pesticides dans les
minoteries 178
silos-élévateurs à grains terminaux 178
usines à provendes 183
fumigants 74
conditions idéales 63
modes d'application 88–92
sécurité 92
insecticides de contact 64
calcul du taux d'application 85
composés organochlorés 66
composés organophosphorés 66
conséquences du substrat 85
mode d'action 64
modes d'application 85–88
poussières minérales 73
préparation 85
sécurité 92, 93
sécurité 85, 89, 90, 91, 92, 93
souches d'insectes résistantes 66, 67, 82–84
toxicité pour les mammifères
aiguë, chronique, cutanée 63
dose létale 63
moyens physiques 60, 84
assainissement 60
atmosphère contrôlée 62
entreposage hermétique 62
produits emballés 61
rayons 61
retournement du grain 61
température 60
ventilation du grain 61

Ontario
infestations multiples par des arthropodes dans les
minoteries 164
silos-élévateurs à grains 169
infestations saisonnières en 112
infestations saisonnières dans les
minoteries 145
silos-élévateurs à grains 151
usines à provendes 156

parasites d'insectes (*voir* **ennemis naturels**)
phytosanitaires, rapports d'inspections
analyse de l'utilisation des pesticides 178, 183
analyse et interprétation des 99–177
arthropodes
distribution régionale 142–177
importance à l'échelle nationale 114–142
présence dans les villes canadiennes 114–142
denrées et habitats des insectes 99, 106, 107
infestations multiples par des arthropodes
selon les régions 163–177
selon les saisons 142–163
infestations saisonnières
Canada 99
Colombie-Britannique 111
Québec 112
Thunder Bay (Ontario) 111
est de l'Ontario 112
provinces Maritimes 113
provinces des Prairies 111
insectes communs dans les
minoteries au Canada 106
silos-élévateurs à grains au Canada 107
usines à provendes au Canada 109
villes canadiennes 114–142
Prairies
association entre les espèces d'arthropodes dans les usines à provendes 173
infestations saisonnières 111
présence saisonnière d'insectes dans les
minoteries 142
usines à provendes 156
prédateurs d'insectes (*voir* **ennemis naturels**)
préparation

fumigants
gaz et liquides 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80
pastilles 78, 79, 89, 90, 91
insecticides de contact
aérosols 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73
bande de résine 68, 85, 88
concentrés émulsifiables 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 85, 86, 87
enduits à papier 71
fumée 66, 69, 85, 88
granules 68
poudres mouillables 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 85, 86, 97
poussières 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 85, 87
suspension huileuse 70, 71, 72, 73, 85, 86, 87
psocidés (poux des lierres), morphologie 45
pyrale de la farine (*Pyralis farinalis*) 206–209
pyrale indienne de la farine (*Plodia interpunctella*) 202–206, *218*

Québec
association entre les espèces d'arthropodes dans les minoteries 164
silos-élévateurs à grains 173
infestations saisonnières 112
présence saisonnière des insectes dans les minoteries 145
silos-élévateurs à grains 151
usines à provendes 163

ravageurs apparentés aux acariens 43
rayonnements pour désinfester les denrées entreposées 61
Russie (*voir* **U.R.S.S.**)
régions de production agricole dans le monde
climats 25
cultures céréalières principales 25–27
ravageurs des denrées entreposées 25
résidus chimiques 63, 68, 85, 86, 87, 88
résistance croisée 82
des insectes aux insecticides 66, 67, 82–84
tests 84

silos-élévateurs à grains
fréquence des associations 164–177
importance par région 149–156
infestations saisonnières 149–156
insectes communs
grands ravageurs
échelle nationale 122–136
villes canadiennes 122–136
pesticides utilisés dans les 178
sécurité
application d'un insecticide 62, 85
matériel protecteur 93
utilisation d'insecticides de contact 93
utilisation de fumigants 74, 77, 93, 94

taux d'accroissement (*voir* **cycle vital**)
taux d'application
fumigants 74–80
insecticides de contact 64–73, 93
température
conditions limites et optimales pour certaines espèces
cadelle 223
charançon 211, 215
coléoptères 186, 190, 195, 201, 220, 226, 230, 233, 236, 240, 243
pyrale 205, 208
teigne 197
croissance des ravageurs des denrées entreposées 33, 58
effet de la fumigation 92
facteurs atténuants, grain en vrac 41
influence sur la croissance des ravageurs des denrées entreposées 33, 58, 60
lutte contre les insectes 60
Thunder Bay (Ontario)
association entre les espèces d'arthropodes dans les silos-élévateurs à grains 169
infestations saisonnières d'insectes dans les silos-élévateurs à grains 149
toxicité des insecticides 64
carbamates 70
fumigants 74, 75, 76, 77, 78
mammifères, pour les 63
organochlorés, composés 65, 66
organophosphores, composés 66, 67, 68, 69
pyrèthre et pyréthroïdes, essence de 70, 71, 72, 73
toxicité pour les mammifères 63

tribolium brun de la farine (*Tribolium confusum*) 231–235, *219*
Tribolium de la farine (*Tribolium destructor*) 235–238
Tribolium rouge de la farine (*Tribolium castaneum*) *219*, 227–231
moyens chimiques 67, 68, 69, 70, 71, 72

U.R.S.S.
climat 36, 37
ravageurs des denrées entreposées 36, 37
usines à provendes
grands ravageurs
dans les villes canadiennes 137–142
insectes communs dans les 106
distribution régionale 156–163
distribution saisonnière 156–163
infestations multiples 174
pesticides utilisés dans les 183

villes canadiennes
grands ravageurs des
minoteries 114–122
silos-élévateurs à grains 123–137
usines à provendes 137–142

zones climatiques
pays types et entreposage de céréales 25
ravageurs typiques 25

Index des taxons

(Les synonymes et les numéros des pages renvoyant aux illustrations sont en italiques.)

Absidia 186, 202, 216, 228
Acanthoscelides obtectus 48
Acariens 44, 115, 118, 119, 124, 128, 132, 134, 140, 146, 152, 153, 154, 157, 159, 161, 172, 176, 181, 196
Acarophenax 196
  tribolii 231, 234
Acaropsis 244
Acarus 191, 192, 202
  siro 16
Acremoniella 192
Adelina 231
  tribolii 234, 238
Ahasverus 16, 48, 191, 192, 202
  advena 119, 121, 122, 124, 126, 127, 128, 131, 132, 134, 136, 141, 142, 147, 148, 151, 155, 156, 158, 159, 162, 184–187
Aleuroglyphus 16
Alphitobius
  diaperinus 48, 121, 122, 123, 124, 136, 141, 142, 148, 151, 157, 162, 164
  laevigatus 48, 236
Alphitophagus bifasciatus 48
Alternaria 185, 188, 192, 228
  alternata 17, 234
Anisopteromalus calandrae 213, 216
Anthicus floralis 120, 147
Anthrenus
  scrophulariae 116, 118, 137, 138, 141, 147
  verbasci 48, 115, 116, 120, 137, 138, 141, 147, 162
Apanteles nephoptericis 206
Aphanotus (Tribolium) destructor 235
Aphomia gularis 48
Arachnides 44
Araecerus fasciculatus 48
Arthropodes 42
Aspergillus 15, 17, 186, 202, 212, 213
  amstelodami 185, 186
  candidus 185, 186
  chevalieri 185
  conicus 185
  glaucus 228, 231
  repens 185
  versicolor 17
Attagenus 105, 106, 107, 108, 109, 110, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 144, 145, 146, 148, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 169, 172, 173, 174, 175, 177, 181, 182
  pellio 48
  unicolor 49, 181

Barichneumon anator 209
Béthylidés 46, 187, 192
Bibionidés 225
Blattisocius 16
  tarsalis 231
Bostrichidés 44
Bracon 16
  hebetor 46, 206
Braconidés 46
Bruchus
  pisorum 49
  rufimanus 49
Bruchidés 44

Calandra oryzae 213
Callosobruchus
  analis 49
  chinensis 49
  maculatus 49
  rhodesianus 49
Caloglyphus 16
  mycophagus 221
Carpophilus
  dimidiatres 49
  freemani 49
  hemipterus 49
  ligneus 49
  lugubris 49
  maculatus 50
  marginellus 50
  mutilatus 50
  obsoletus 50
  pallipennis 50
Caryedon serratus 50
Cathartus advena 184
Cathartus quadricollis 31, 32, 50, 115, 121, 122, 186

Caulophilus oryzae 50
Cephalonomia 16
tarsalis 187, 192, 202, 216
waterstoni 46, 187, 192
Cerocephala dinodiri 216
Cheyletus 16
eruditus 238
Choetospila elegans 213, 216, 244
Chremylus rubiginosus 198
Chrysanthemum cinerariifolium 71
Cladosporium 185, 186, 228
Coléoptères 44, 184, 187, 192, 199, 209, 213, 217, 221, 225, 227, 231, 235, 238, 241
Corcyra cephalonica 22, 26, 30, 32, 37, 38, 50, 83
Cryptolestes 15, 17, 35, 119, 121, 122, 124, 134, 136, 141, 152, 157, 162, 181, 192, 195
capensis 50
ferrugineus 17, 26, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 51, 72, 83, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 115, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 134, 136, 139, 140, 145, 146, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 159, 161, 163, 169, 171, 172, 173, 175, 181, 182, 186, 187–192, 193, 194, 196, 201, 209, *218*, 227, 231
minutus 192
pusilloides 51
pusillus 39, 40, 51, 105, 106, 107, 108, 115, 116, 118, 119, 121, 122, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 139, 140, 145, 146, 148, 151, 154, 157, 161, 163, 187, 189, 190, 192–196
turcicus 51, 117, 119, 130, 131, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 146, 157, 161, 189, 190, 192, 193, 194, 195
ugandae 51
Cryptophagus 123, 124, 126, 128, 130, 132, 147, 148, 151, 152, 153, 154, 159, 202
cellaris 123, 124, 127, 128, 132, 153, 154
Cucujidés 44, 184, 187, 192, 199
Cucujide des grains 184
Cucujus
pusillus 192
testaceus 192
Curculionidés 44, 209, 213
Curvularia 188, 228
tetramera 212
Cynaeus angustus 51, 116, 118, 120, 121, 138, 139, 147, 161

Dermestes
ater 51
frischi 51
lardarius 51, 117, 118, 119, 123, 124, 126, 134, 141, 142, 146, 156, 159, 162
maculatus 51
Dermestidés 44, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 137, 138, 139, 140, 144, 146, 156, 160, 161, 163, 241
Dibrachys cavus 206, 213, 216, 224
Dictyoptères 44
Didymophyes minuta 238
Diptères 44, 120, 125, 129, 135, 141, 147, 155, 158, 162

Egregarinina 234
Endrosis sarcitrella 51, 123, 124, 149, 152, 169, 170
Entomophthora virulenta 238
Ephestia 15, 16, 135
calidella 51
cautella 26, 32, 36, 38, 39, 40, 52, 83, 136, 157, 202, 203, 204
elutella 52, 83
figulilella 52
kuehniella 37, 52, 114, 115, 116, 117, 119, 121, 122, 127, 128, 130, 132, 134, 136, 137, 138, 140, 142, 144, 145, 146, 148, 151, 154, 156, 157, 160, 161, 163, 188, 203, 204, 237

Farinocystis 231
tribolii 226, 234, 241
Fusarium 188
moniliforme 191

Gibbium psylloides 52, 105, 106, 117, 118, 119, 139, 140, 145, 146, 161, 163, 164, 166, 181
Gnatocerus
cornutus 52
maxillosus 52

Haplotinea ditella 117, 120, 126, 129, 131, 134, 136, 147, 151, 155, 157
Haptoncus luteolus 52
Hexapoda 42
Hofmannophila pseudospretella 52, 123, 124, 126, 139, 140, 149, 152, 156, 159, 162, 169, 170, 173, 176
Holepyris
  hawaiiensis 46
  sylvanidis 202, 216, 231, 235
Horegenes kiehtani 206
Hymenolepis 234
  nana 238
Hyménoptères 44, 192, 196

Insectes 42
Isopodes 116, 118, 147

Kleemannia 202

Laemophloeus
  ferrugineus 187
  minutus 192
  pusillus 192
  testaceus 187
Larca granulata 133
Lariophagus distinguendus 213, 216
Lasioderma serricorne 25, 32, 38, 39, 40, 52, 131, 135, 136, 151, 157
Latheticus 16
  oryzae 53
Lathridiidés 44
Lathridius 126, 127, 129, 130, 133, 135, 153, 154
  minutus 53
Lepidoglyphus 192
Lépidoptères 44, 123, 124, 128, 132, 134, 149, 152, 153, 154, 158, 159, 169, 170, 171, 196, 202, 206
Lepisma saccharina 114, 115, 144
Liposcelis bostrychophilus 53
Lophocateres pusillus 53
Lyctus brunneus 53
Lymphotropha tribolii 226

Mattesia dispora 196
Megachile 226
Meraparus requisitus 216
Mesotenus gracilis 206
Metacoelus mansuetor 209
Mezium
  affine 53
  americanum 53, 117, 120, 147
Microbracon (Habrobracon)
  brevicornis 206
  hebetor 209
Microgramme filum 135, 136, 158
Mucor 188, 228
Mus 15
Mussidia nigrivenella 31, 32
Mycetaea hirta 53

Necrobia
  ruficollis 53
  rufipes 53
Nemapogon granella 53, 107, 108, 109, 110, 117, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 134, 136, 138, 139, 140, 146, 149, 151, 153, 154, 156, 157, 159, 161, 163, 164, 165, 169, 172, 173, 175, 176, 181, 182, 196–198
Nemeritis canescens 198
Nigrospora 188, 228
  sphaerica 212, 230, 234
Niptus
  hololeucus 53, 123, 125, 156, 159
  unicolor 125, 130, 133, 149, 152, 155
Nitidulidés 44
Nosema 206, 224, 231, 234
  whitei 238

Oryzaephilus 15, 17, 192
  mercator 32, 38, 54, 70, 83, 125, 135, 199, 200
  surinamensis 17, 26, 32, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 54, 109, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 126, 127, 129, 133, 135, 137, 138, 139, 140, 145, 146, 148, 154, 156, 158, 160, 161, 163, 182, 186, 192, 199–202, *218*, 224

Palorus
  ratzeburgi 54
  shikae 196
  subdepressus 32, 54
Penicillium 15, 17, 186, 188, 192, 202, 212, 228
  citrinum 185, 186
  corymbiferum 191
Pharaxonotha kirschi 54
Phygadeuon citinctus 198
Pinus
  monticola 225
  ponderosa 225

Plastanoxus
chittendenii 196
westwoodi 196
Platydema ruficorne 54
Plodia 15
interpunctella 54, 66, 83, 109, 110, 117, 120, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 134, 136, 139, 140, 142, 146, 151, 154, 157, 161, 163, 182, 187, 202–206, *218*, 224
Prostephanus truncatus 54
Pselaphochernes 130, 133, 155
parvus 127, 132, 140, 154, 162
Pseudorostus hilleri 54
Psocoptères 44, 117, 119, 123, 124, 126, 128, 130, 131, 132, 134, 139, 140, 146, 149, 152, 154, 159, 162
Ptinidés 44, 258
Ptinus 115, 116, 117, 118, 119, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 134, 136, 137, 138, 140, 142, 145, 146, 149, 152, 154, 157, 159, 161, 163, 169, 170
clavipes 55
fur 55, 127, 133, 135
hirtellus 121, 122, 135, 136, 148, 158
ocellus 55, 117, 120, 123, 125, 126, 127, 129, 133, 135, 136, 141, 142, 147, 155, 158, 159, 162
pusillus 55
raptor 141, 142, 162
sexpunctatus 55
tectus 117, 120, 130, 133, 135, 147
villiger 55, 114, 115, 116, 118, 119, 123, 124, 126, 127, 128, 132, 138, 139, 141, 142, 144, 147, 151, 154, 156, 159, 162
Pyemotes (Pediculoides)
tritici 244
ventricosus 198, 231, 235, 238
Pyralidés 202, 206
Pyralis
farinalis 55, 107, 108, 117, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 145, 146, 148, 149, 151, 152, 154, 156, 157, 159, 161, 163, 191, 206–209
meridionalis 206
Pyroderces rileyi 55

Raillietina 234
Rattus 15
Rhabdepyris zeae 231, 235
Rhizopus 186
Rhyzopertha 15
dominica 26, 30, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 55, 83, 196, 201, 216, 242

Salmonella 12
Scenopinus fenestralis 137, 138, 162
Scopulariopsis 228
Sitophilus 15, 17, 36, 38, 66
granarius 17, 26, 35, 36, 38, 39, 40, 55, 83, 105, 106, 107, 108, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 145, 146, 148, 149, 151, 152, 154, 157, 161, 163, 164, 167, 173, 175, 181, 201, 209–213, 214, 215, *218*, 231, 242
oryzae 26, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 55, 83, 107, 108, 115, 116, 119, 121, 122, 126, 128, 131, 134, 136, 144, 145, 148, 151, 157, 164, 167, 181, 187, 193, 196, 209, 211, 213–217, *218*, 227, 228, 231, 244
sasakii 213
zeamais 26, 32, 37, 39, 40, 55, 83, 187, 209, 211, 213, 214, 215, 216
Sitotroga 15
cerealella 19, 25, 26, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 56, 83, 215
Spinibdella 16
Sporozoaires 196
Staphylinidés 123, 125, 135, 152
Stegobium paniceum 56, 138, 139, 162
Stemphylium 188
Stethomezium squamasum 56
Streptomyces 17, 186, 202

Tarsonemus 16
Tenebrio madens 7, 238
Tenebrio
molitor 56, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 145, 146, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 181, 182, 217–221, *219*, 223, 224

obscurus 56, 117, 120, 123, 125, 130, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 147, 158, 161, 217, 220
Ténébrionidés 44, 217, 225, 227, 231, 235, 238
Tenebroides mauritanicus 26, 38, 56, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 144, 145, 146, 148, 151, 154, 157, 161, 163, 181, 182, *219*, 221–224
Tetrastichus 206
Thylodrias contractus 56
Thysanoures 44
Tinea
cloacella 197
granella 196, 197
infimella 197
pallescentella 123, 124, 126, 127, 128, 131, 132, 134, 136, 151, 152, 154, 157
pellionella 123, 125, 135, 159
ruricolella 197
salella 197
Tinéidés 196
Tineola bisselliella 123, 125, 156, 159
Tipnus unicolor 56
Tribolium 15, 17, 26, 105, 106, 110, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 130, 132, 134, 138, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 155, 156, 157, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 168, 174, 181, 182, 240
audax 56, 137, 138, 156, 160, 225–226, 229, 239, 240, 241
castaneum 17, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 56, 68, 69, 70, 72, 82, 83, 84, 105, 106, 110, 114, 115, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 127, 128, 130, 131, 132, 137, 138, 139, 140, 142, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 156, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 173, 174, 181, 182, 188, 189, 196, 201, 213, *219*, 225, 227–231, 234, 236, 240, 241, 242
confusum 30, 34, 36, 56, 66, 83, 105, 106, 109, 110, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 122, 123, 125, 127, 130, 132, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 152, 154, 156, 160, 161, 164, 165, 166, 173, 174, 177, 181, 182, 199, *219*, 225, 227, 229, 231–234, 236, 240
destructor 56, 121, 122, 149, 150, 164, 235–238
ferrugineus 227
madens 56, 184, 219, 225, 229, 238–241
Trichothecium 188
roseum 191
Trigonogenius globulus 57
Trogoderma 15, 118, 121, 122, 135, 145, 148, 158, 174
glabrum 57
granarium 7, 25, 30, 34, 38, 57, 83, 184, 241–244
inclusum 114, 115, 116, 118, 121, 122, 138, 139, 142, 144, 146, 162, 173, 174, 177
variabile 57
Trogositidés 221
Typhaea 16
stercorea 57, 117, 119, 121, 122, 126, 127, 128, 131, 132, 134, 136, 140, 142, 146, 148, 151, 155, 157, 162
Tyrophagus 16

Urophorus humeralis 57

Ventura canescens 206

Xylocoris
flavipes 202
galactinus 187

Zabrotes subfasciatus 57

FACTEURS DE CONVERSION

Unité métrique	Facteur approximatif de conversion	Donne
LINÉAIRE		
millimètre (mm)	x 0,04	pouce
centimètre (cm)	x 0,39	pouce
mètre (m)	x 3,28	pied
kilomètre (km)	x 0,62	mille
SUPERFICIE		
centimètre carré (cm^2)	x 0,15	pouce carré
mètre carré (m^2)	x 1,2	verge carrée
kilomètre carré (km^2)	x 0,39	mille carré
hectare (ha)	x 2,5	acre
VOLUME		
centimètre cube (cm^3)	x 0,06	pouce cube
mètre cube (m^3)	x 35,31	pied cube
	x 1,31	verge cube
CAPACITÉ		
litre (L)	x 0,035	pied cube
hectolitre (hL)	x 22	gallons
	x 2,5	boisseaux
POIDS		
gramme (g)	x 0,04	once
kilogramme (kg)	x 2,2	livre
tonne (t)	x 1,1	tonne courte
AGRICOLE		
litres à l'hectare	x 0,089	gallons à l'acre
	x 0,357	pintes à l'acre
	x 0,71	chopines à l'acre
millilitres à l'hectare	x 0,014	onces liquides à l'acre
tonnes à l'hectare	x 0,45	tonnes à l'acre
kilogrammes à l'hectare	x 0,89	livres à l'acre
grammes à l'hectare	x 0,014	onces à l'acre
plants à l'hectare	x 0,405	plants à l'acre